

НАУКОВИЙ
ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО
ГІРНИЧОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

ШАХТНЕ ТА ПІДЗЕМНЕ БУДІВНИЦТВО
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН
АЕРОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ
ГЕОЛОГІЯ
ГІРНИЧА МЕХАНІКА ТА МАШИНИ
ЕКОЛОГІЯ
ЕКОНОМІКА

10²⁰⁰⁹

ДНІПРОПЕТРОВСЬК

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Засновник та видавець

НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕДАКЦІЯ:

Головний редактор –

Г.Г. Півняк

Заступники головного редактора –

О.С. Бешта, П.І. Пілов, О.М. Шашенко

Відповідальний секретар –

Л.С. Шломіна

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

А.Д. Алексеєв, І.В. Багрова, С.Є. Блохін,
В.І. Бондаренко, А.Ф. Булат, Б.С. Бусигін,
Б.В. Виноградов, О.С. Галушко, В.І. Голінько,
А.І. Горова, С.С. Гребьонкін, Б.А. Грядущий,
І.Л. Гуменик, Р.П. Дідик, М.О. Доброгорський,
А.О. Задоя, Є.П. Захаров, М.О. Ільяшов,
Г.О. Козлакова, Є.В. Кочура, Г.В. Кузнецов,
О.М. Кузьменко, В.В. Лукінов, Л.В. Новикова,
Ю.Є. Петруня, В.Ф. Приходченко, В.В. Приходько,
В.Ю. Пушкін, В.В. Радченко, Т.Б. Решетілова,
А.М. Роєнко, І.О. Садовенко, В.І. Саллі, В.О. Салов,
В.І. Самуся, В.В. Слесарєв, М.С. Сургай,
В.В. Ткачов, О.М. Туркенич, К.Ф. Тяпкін,
В.П. Франчук, Ю.М. Халимендик, Ю.Т. Хоменко,
Л.Н. Ширін, Ф.П. Шкрабець

ЗАКОРДОННІ ЧЛЕНИ

РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

І.В. Дементьєв (Росія), Л. Вільке (Німеччина),
А. Земба (Польща), Н. Іліас (Румунія),
М.І. Кучерський (Узбекистан), Н. Мартенс (Німеччина),
Гюнхан Пашамехметоглу (Туреччина),
Л.А. Пучков (Росія), Я. Семек (Польща),
В. Страхош (Чехія), М. Шмідт (Німеччина)

Верстка та редагування: С.П. Іванов

Журнал підписано до друку за рекомендацією вченої ради Національного гірничого університету
(протокол № 7 від 24.09.2009 року)

Поштова адреса редакції:

49000, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, корпус 4, к. 49

Тел.: 8 (056) 3730702

e-mail: HomenkoO@nmu.org.ua

Журнал зареєстровано у Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Реєстраційний номер КВ № 6875 від 20.01.03.

Підписано до друку 26.10.09. Формат 30×42/2.

Ум. друк. арк. 10. Папір Ballet Universal.

Наклад 400 прим. Зам. № 264.

Віддруковано у Національному гірничому університеті.

49000, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

УДК 622.272:624.191.5

А.Н. Росенко, С.А. Харин

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ СТВОЛОВ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СРЕДСТВ ПОГРУЗКИ ПОРОДЫ

Виконано аналіз залежності швидкості проходки стволів від продуктивності засобів вантаження породи. Встановлено рівні співвідношення швидкостей для різних умов.

Выполнен анализ зависимости скорости проходки стволов от производительности средств погрузки породы. Установлены уровни соотношения скоростей для различных условий.

The analysis of dependence of speed of driving of barrels is executed from the productivity of facilities of loading of breed. The levels of correlation of speeds are set for different terms.

Погрузка породы при сооружении стволов является одной из наиболее трудоемких операций в проходческом цикле и занимает, по оценке проф. Н.М. Покровского, до 60-70% времени [1].

Для обеспечения эффективной организации реконструкции шахт представляется актуальным анализ зависимости скорости проходки стволов от производительности средств погрузки породы, исследование степени изменения темпов работы в различных условиях.

Выполним такой анализ при следующих условиях (табл. 1): проходка осуществляется обычным способом с применением буровзрывных работ по совмещенной схеме. Стволы закреплены монолитным бетоном.

Таблица 1

Варианты	Диаметр ствола в проходке, м	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова, f
1	6	12
2	6	18
3	8	12
4	8	18

Для ствола диаметром $D = 6$ м, проходимого в породах с $f = 12$ и эксплуатационной производительности (P) средств погрузки (здесь и далее в массиве пород) $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 1) имеет место скорость проходки (v) горной выработки $9,68 \text{ м/мес.}$ (примем ее за базовую). Переход к большей производительности погрузочного оборудования, при неизменных прочих условиях, повышает темпы проходки выработки. Так, при эксплуатационной производительности $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ее скорость возрастает до $22,18 \text{ м/мес.}$, а при $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ скорость увеличится до $26,5 \text{ м/мес.}$ Высокие уровни производительности средств погрузки обеспечивают поддержание заметно больших темпов проходки. Так, при $P = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ скорость возрастет до $29,3 \text{ м/мес.}$ (в 3 раза по отношению к базовым условиям).

Характер зависимости v от P для ствола $D = 6$ м при $f = 12$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9544$ может быть описан зависимостью

$$v = 5,7236 \ln(P) + 12,283.$$

Аналогичным образом рассмотрим зависимость v от P для данного ствола, но при увеличении f до 18 (рис. 2).

В этом случае при соответствующих значениях эксплуатационной производительности средств погрузки будут иметь место более низкие скорости проходки, а общий характер зависимости v от P примет вид

$$v = 3,353 \ln(P) + 10,845 \text{ при } R^2 = 0,9262.$$

Далее аналогичным образом рассмотрим влияние эксплуатационной производительности средств погрузки на скорость проходки ствола $D = 8$ м при $f = 12$ и $f = 18$ (соответственно рис. 3 и 4). В этом случае в целом будут соблюдаться тенденции, отмеченные нами ранее для ствола $D = 6$ м, но при меньших уровнях v для соответствующих значений P .

Характер зависимости v от P для ствола $D = 8$ м при $f = 12$ и $f = 18$ может быть описан соответственно выражениями

$$v = 4,7158 \ln(P) + 7,2025 \text{ при } R^2 = 0,9714 \text{ и}$$

$$v = 2,8523 \ln(P) + 6,7726 \text{ при } R^2 = 0,9473.$$

Исследуем теперь степень изменения скорости проходки (обозначим Δ) ствола $D = 6$ м при переходе от $f = 12$ к $f = 18$ (рис. 5). При $P = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ скорость проходки ствола при $f = 12$ будет в $\Delta = 1,133$ раза выше, чем при $f = 18$.

Соотношение скоростей при более высоких значениях P будет возрастать. При сравнительно больших параметрах эксплуатационной производительности средств погрузки соотношение скоростей проходки ствола заметно увеличится, так, например, при $P = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ оно составит $\Delta = 1,411$.

В общем случае соотношение скоростей проходки ствола $D = 6$ м при $f = 12$ и $f = 18$ можно описать зависимостью

$$\Delta = 0,081 \ln(P) + 1,172 \text{ при } R^2 = 0,9532.$$

В случае же $D = 8$ м (рис. 6) при $P = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta = 1,117$; при $P = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta = 1,399$. В общем виде зависимость соотношения скоростей для ствола $D = 8$ м выглядит как

$$\Delta = 0,0879 \ln(P) + 1,1355 \text{ при } R^2 = 0,97.$$

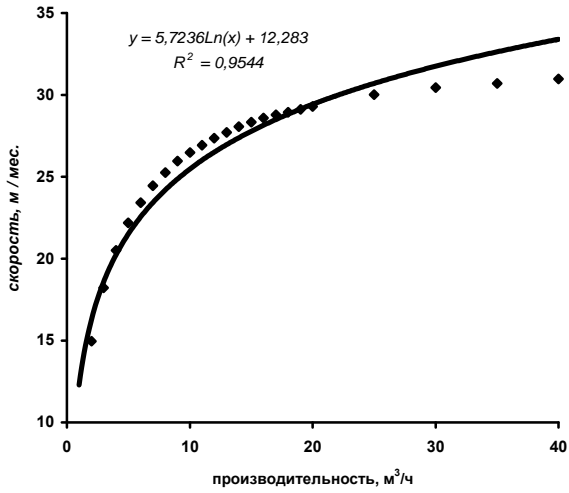


Рис. 1. Зависимость v от P для ствола $D=6$ м при $f=12$

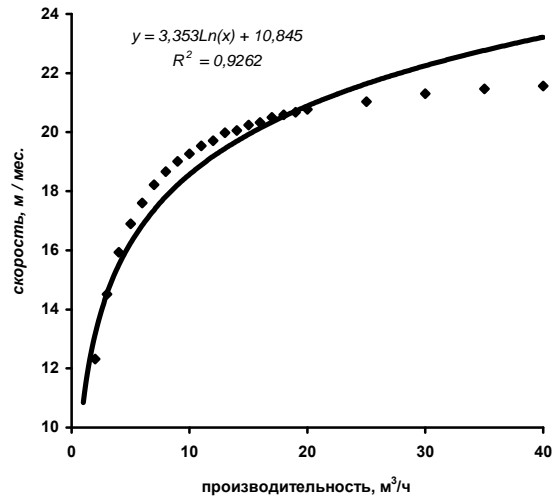


Рис. 2. Зависимость v от P для ствола $D=6$ м при $f=18$

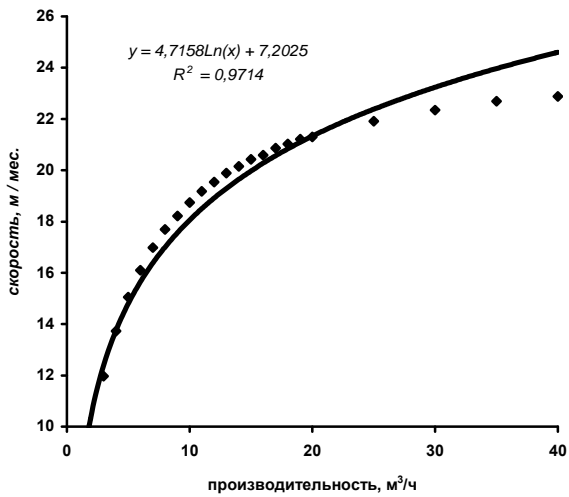


Рис. 3. Зависимость v от P для ствола $D=8$ м при $f=12$

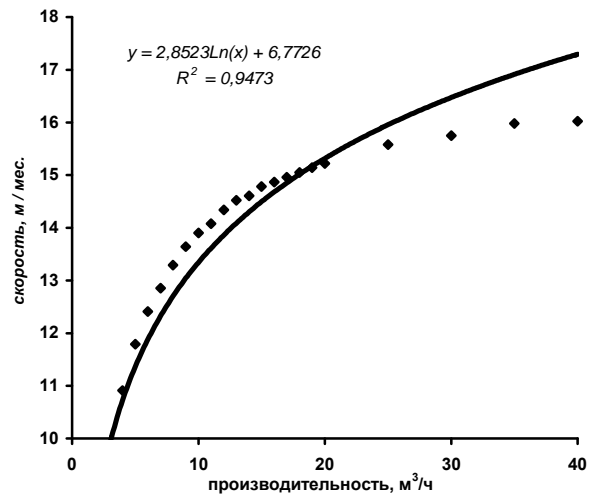


Рис. 4. Зависимость v от P для ствола $D=8$ м при $f=18$

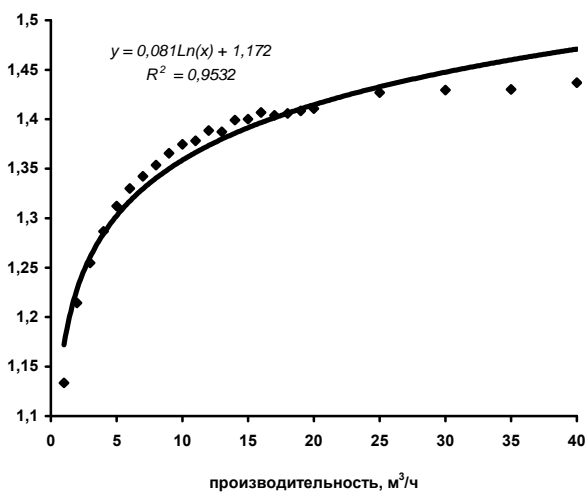


Рис. 5. Соотношение v при $f=12$ и $f=18$ для ствола $D=6$ м

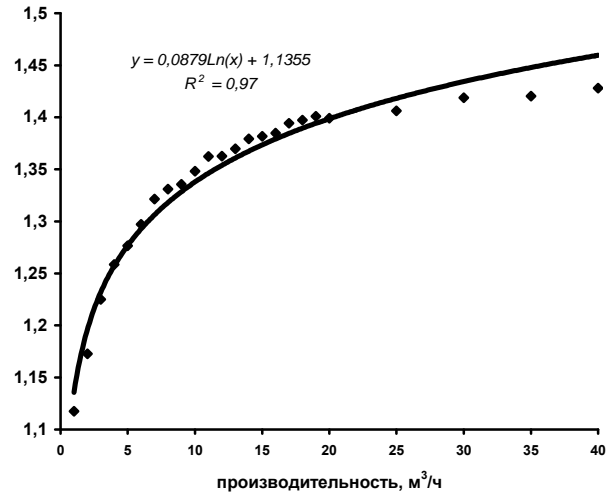


Рис. 6. Соотношение v при $f=12$ и $f=18$ для ствола $D=8$ м

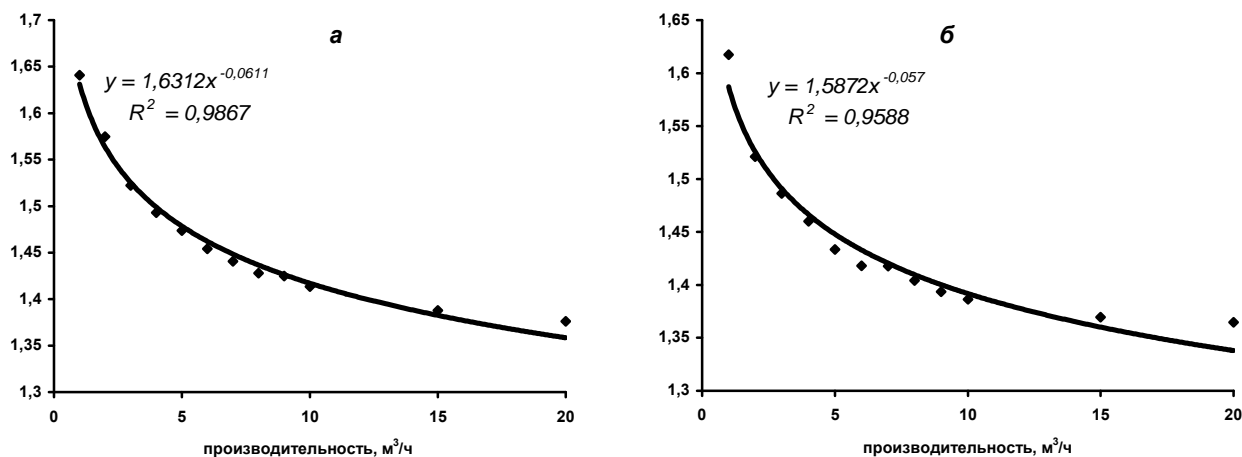


Рис. 7. Соотношение v в стволах $D = 6$ м и $D = 8$ м: а – при $f = 12$; б – при $f = 18$

Таблица 2

Зависимости скорости проходки ствола от производительности погрузочного оборудования

Параметры	Диаметр ствола в проходке, м	Коэффициент крепости пород, f	Зависимость	Диапазон изменений величин	Выводы
Зависимость v от P	6	12	$v = 5,7236 \ln(P) + 12,283$ при $R^2 = 0,9544$	При $P=1$ м ³ /ч $v=9,68$ м/мес.; при $P=20$ м ³ /ч $v=29,3$ м/мес.; $v_{20}/v_1=3,027$	Скорость проходки логарифмически зависит от производительности погрузочного оборудования. При росте f снижается v . Отношение скоростей, например, v_{20}/v_1 при более высоком f ниже.
		18	$v = 3,353 \ln(P) + 10,845$ при $R^2 = 0,9262$	При $P=1$ м ³ /ч $v=8,54$ м/мес.; при $P=20$ м ³ /ч $v=20,77$ м/мес.; $v_{20}/v_1=2,432$	
	8	12	$v = 4,7158 \ln(P) + 7,2025$ при $R^2 = 0,9714$	При $P=1$ м ³ /ч $v=5,9$ м/мес.; при $P=20$ м ³ /ч $v=21,3$ м/мес.; $v_{20}/v_1=3,61$	
		18	$v = 2,8523 \ln(P) + 6,7726$ при $R^2 = 0,9473$	При $P=1$ м ³ /ч $v=5,28$ м/мес.; при $P=20$ м ³ /ч $v=15,22$ м/мес.; $v_{20}/v_1=2,883$	
Соотношение скоростей при $f=12$ и $f=18$	6	-	$\Delta = 0,081 \ln(P) + 1,172$ при $R^2 = 0,9532$	При $P=1$ м ³ /ч $\Delta=1,133$; при $P=20$ м ³ /ч $\Delta=1,411$	При росте P и увеличении f с 12 до 18 соотношение скоростей Δ растет
	8	-	$\Delta = 0,0879 \ln(P) + 1,1355$ при $R^2 = 0,97$	При $P=1$ м ³ /ч $\Delta=1,117$; при $P=20$ м ³ /ч $\Delta=1,399$	
Соотношение скоростей при $D = 6$ м и $D = 8$ м	-	12	$Z = 1,6312 P^{-0,0611}$ при $R^2=0,9867$	При $P=1$ м ³ /ч $Z = 1,641$; при $P=20$ м ³ /ч $Z=1,376$	При увеличении D с 6 до 8 м соотношение скоростей Z снижается с ростом P
	-	18	$Z = 1,5872 P^{-0,057}$ при $R^2=0,9588$	При $P=1$ м ³ /ч $Z = 1,617$; при $P=20$ м ³ /ч $Z=1,365$	

Исследуем изменение соотношения скоростей (обозначим Z) при $D = 6$ м и $D = 8$ м при соответствующих уровнях коэффициента крепости пород (рис. 7). В то время как соотношение площадей сечения рассматриваемых стволов составляет 1,77 соотношение скоростей при $f = 12$ и $P = 1$ м³/ч будет равно $Z = 1,641$, а в случае $P = 20$ м³/ч снизится до $Z = 1,376$. Сходная картина наблюдается и для случая $f = 18$.

В общем виде изменение соотношения скоростей может быть описано выражениями

$$Z = 1,6312 P^{-0,0611} \text{ с } R^2=0,9867 \text{ при } f=12 \text{ и}$$

$$Z = 1,5872 P^{-0,057} \text{ с } R^2 = 0,9588 \text{ при } f=18.$$

Сведем полученные нами ранее зависимости в табл. 2.

Отношение скорости проходки ствола при данном значении эксплуатационной производительности средств погрузки v_{pj} к скорости проходки ствола при

предыдущем значении эксплуатационной производительности v_{pi} характеризует темп изменения скорости. Приведем темп изменения v при каждом последующем P на рис. 8 (обозначим: 1 – соотношение скорости при производительности $P = 2$ м³/ч и $P = 1$ м³/ч, ... 10 – соотношение скорости при производительности $P = 11$ м³/ч и $P = 10$ м³/ч). Рост скорости проходки ствола вначале происходит сравнительно интенсивно (рис. 8, а). Так, для ствола $D = 6$ м и $f=12$ при увеличении производительности до 2 м³/ч по сравнению с предыдущим ее показателем, т.е. 1 м³/ч (обозначим этот случай как v_2/v_1) скорость проходки возрастает в 1,545 раза, при v_3/v_4 рост будет уже заметно меньшим – 1,082. При больших параметрах эксплуатационной производительности средств погрузки переход к каждому последующему ее значению приводит лишь к крайне незначительному увеличению скорости: при v_{11}/v_{10} оно составит 1,017.

При $D = 6$ м и $f = 12$, как и в предыдущем случае, интенсивность возрастания скорости проходки ствола вначале относительно высока (рис. 8, а). Так, при увеличении производительности до $2 \text{ м}^3/\text{ч}$ по сравнению с предыдущим ее показателем скорость возрастает в 1,445 раза, при v_{11}/v_{10} рост будет практически мало замечен – 1,013.

Сравнивая интенсивность роста скорости для $f = 12$ и $f = 18$ следует отметить, что в последнем случае она изменяется с несколько замедленным темпом.

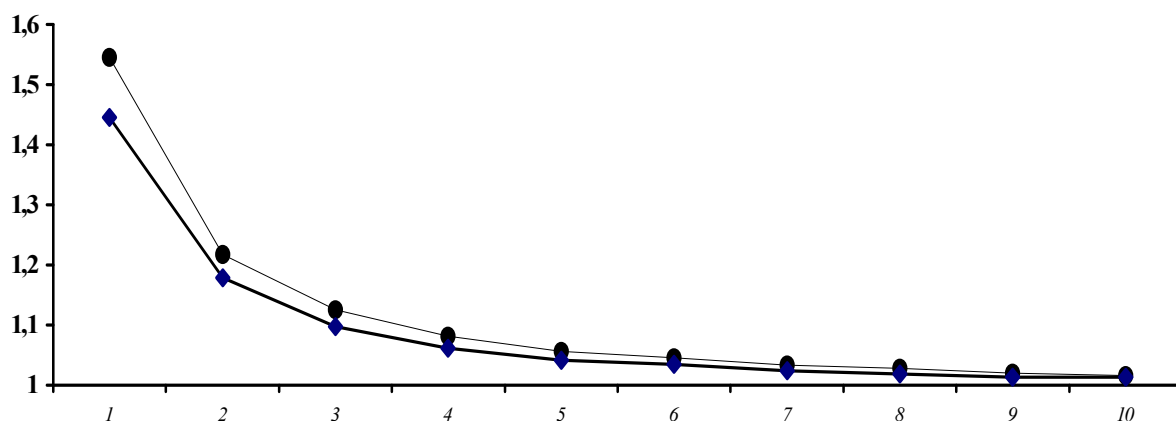
При $D = 8$ м (рис. 8, б) интенсивность возрастания скорости проходки ствола в соответствующих случаях проявляется чуть более заметно, особенно в весьма крепких породах.

Анализируя темпы изменения скорости проходки ствола при переходе к каждому последующему значению производительности проходческого оборудования, следует указать, что для всех случаев они падают по мере увеличения производительности. При данном диаметре ствола такие темпы выше при меньшем значении f .

Следовательно, при большей крепости пород увеличение эксплуатационной производительности средств погрузки способно в относительно меньшей степени влиять на скорость проходки ствола и зона интенсивного влияния P на v в этом случае уже.

Для поддержания темпов проходческих работ при данных условиях возрастает роль такого фактора как производительность бурового оборудования, значение которого в менее крепких породах не так велико.

а



б

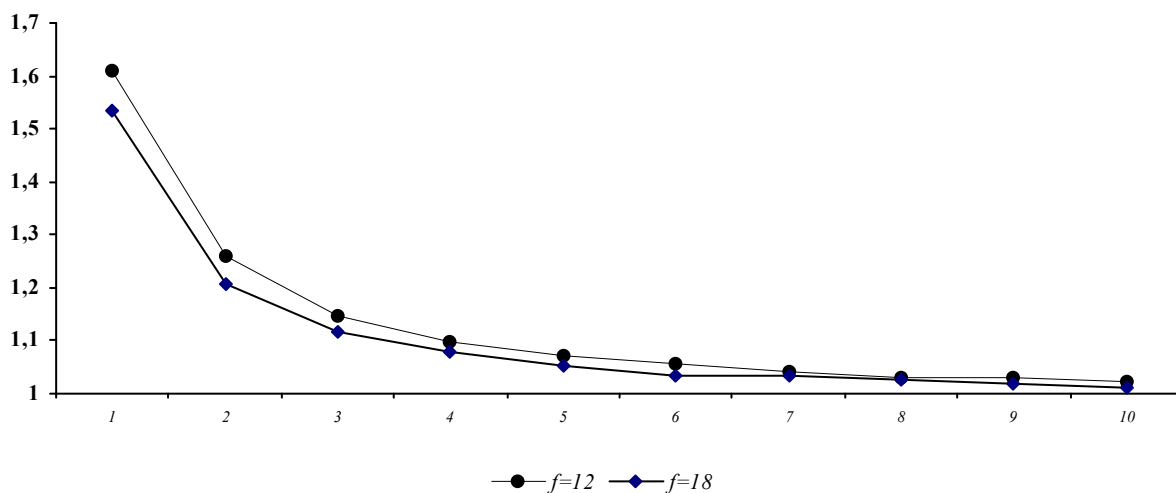


Рис. 8. Темп изменения v при каждом последующем P : а – при $D = 6$ м; б – при $D = 8$ м

Таким образом, в ходе анализа установлено что, скорость проходки ствола логарифмически зависит от производительности погрузочного оборудования. Управление величиной производительности погрузки позволяет весьма существенно изменять темпы работ, достигая их необходимого уровня.

Список литературы

1. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Ч. II. – М.: Недра, 1982. – 295 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.Й. Федоренком 01.06.09

Д.Е. Прусов

ФАКТОРИ ВПЛИВУ ГЛИБОКИХ КОТЛОВАНІВ НА ПРИЛЕГЛУ ЗАБУДОВУ

Проаналізовано фактори впливу глибоких котлованів на прилеглу забудову та запропоновано урахування їх у методології визначення напружено-деформованого стану огорожуючих конструкцій глибоких котлованів, фундаментів та конструкцій будівель і споруд, що розташовані поблизу котлованів, при наявності включень, неоднорідностей та слабких прошарків в основі, розвитку випору чи суфозії ґрунтів, що дозволяє обґрунтувати оцінку впливу глибоких котлованів на прилеглу забудову.

Проанализированы факторы влияния глубоких котлованов на прилегающую застройку и предложен их учет в методологии определения напряженно-деформированного состояния ограждающих конструкций глубоких котлованов, фундаментов и конструкций прилегающих зданий и сооружений, при наличии включений, неоднородностей и слабых слоев в основании, развития выпора или суффозии грунтов, что позволяет обосновывать оценку влияния глубоких котлованов на прилегающую застройку.

Durability of structures and constructions depends on characteristics of durability of a soil basis and a complex of the reasons and factors which are capable to influence their change. In a ditches fence constructions horizontal pressure of a soil upon a fence, sizes of deformations of a soil in bases of constructions which are located nearby border of a foundation ditch which on the present for difficult engineering-geological conditions are studied insufficient is one of defining factors who influence their constructive scheme and profitability of the accepted design decisions.

В умовах тісної міської забудови одним із основних питань будівництва заглиблених споруд є забезпечення збереження існуючих прилеглих будівель, що розташовані в зоні впливу глибоких котлованів.

Заглибленими спорудами вважаються підземні споруди, що улаштовуються відкритим способом, верхня позначка яких знаходиться в рівні поверхні землі. Оскільки будівництво будинків із заглибленими приміщеннями ведеться в умовах тісної міської забудови, останні попадають в зону впливу і зазнають додаткових деформацій. У зв'язку з цим виникає проблема забезпечення збереження існуючої забудови.

Фактори, що впливають на величини деформацій навколишніх будинків:

– методи улаштування котловану і огорожі, що закріплює його стіни;

– інженерно-геологічні і гідрогеологічні особливості будови товщі ґрунтів в основах прилеглих до котловану будинків і споруд;

– відносна далекість будинку від заглиблених споруд: L/H , у тому числі з урахуванням різниці позначок закладення фундаментів існуючих будинків і дна котловану, $(H-h)/L$, де L – відстань від будинку до заглибленої споруди, H – глибина котловану, h – глибина закладення фундаменту будинку;

– категорії споруд, матеріали стін та перекриттів, стан конструкцій будинків, їх статус та ін.

Одним із основних питань впливу глибоких котлованів на прилеглу забудову є забезпечення збереження існуючої забудови при будівництві заглиблених споруд.

Діючими нормативними документами (ВСН 470-98, СНиП 3.02.01-87, СНиП 3.03.01-87, СНиП 11-02-96, СНиП 2.01.15-90) [1-8] рекомендуються методи оцінки впливу глибоких котлованів на розташовані

поблизу будинки і споруди, орієнтовані на дотримання всіх технологічних вимог ведення будівельних робіт. Технологічні чи фізичні процеси, що проходять в ґрунтах основи поблизу котлованів, можуть призвести до значно більшого впливу будівництва на існуючу забудову [9].

Причинами деформацій будинків і споруд, що знаходяться поблизу глибоких котлованів є:

– зміна гідрогеологічних умов, або зниження рівня підземних вод;

– збільшення напружень в основі під фундаментами існуючих будинків;

– технологічні фактори – динамічні впливи, влаштування усіх видів паль, фундаментів глибокого закладення, огорож котлованів та їх конструкцій, ін'єкційних анкерів та ін.

– негативні процеси в ґрунтовому масиві, що пов'язані з виконанням геотехнічних робіт (суфозія, пливуні та ін.).

Розрахунок основ і фундаментів існуючих будинків за I групою граничних станів виконується відповідно до вимог СНиП 2.02.01-83 у наступних випадках:

– влаштування котлованів, траншей (у тому числі під захистом тискотропних розчинів) поблизу будинків;

– зниження планувальних позначок поблизу зовнішніх стін будинків;

– зміни порового тиску у ґрунтовому середовищі;

– передачі на існуючі фундаменти додаткових навантажень і впливів.

При цьому використовуються методи розрахунку, оснований на пошуку найбільш небезпечної поверхні ковзання, де відокремлюється масив ґрунту, що зрушується, від нерухомого (наприклад, методи круглоциліндричних чи ламаних поверхонь ковзання, метод

логарифмічної спіралі та ін.). Величини коефіцієнта запасу стійкості приймають не менш 1,2 (коефіцієнт запасу по ґрунту) або 1,35 (коефіцієнт запасу по навантаженню) при використанні розрахункових значень характеристик ґрунту для розрахунків за I групою граничних станів.

Розрахунок основ існуючих будинків споруд за II групою граничних станів виконується у всіх випадках, якщо вони знаходяться в зоні впливу нового будівництва. Розрахунок додаткових деформацій основ будинків і споруд, що піддаються впливу котлованів та нового будівництва, проводяться з умов спільної роботи споруд і основи.

Граничні значення додаткових деформацій основи $S_{ad,u}$, що викликані прилеглим будівництвом чи котлованом, визначають на основі розрахунків спільної роботи конструкцій будинків чи споруд і основи на дію припустимих величин внутрішніх зусиль у конструкціях, викликаних додатковими деформаціями основи в процесі нового будівництва, а також з урахуванням ступеня зносу конструкцій, конструктивних і експлуатаційних вимог, величин деформацій, які відбулися.

При улаштуванні нового будівництва чи котлованів поблизу забудови прогнозовані величини додаткових деформацій існуючих будинків і споруд – S_{ad} від усіх факторів впливу визначають на основі комплексного математичного моделювання методом скінченних елементів з використанням нелінійних моделей ґрунтів [10, 11].

Розрахунок деформацій основ існуючих будинків при підвищенні рівня підземних вод, викликаного новим будівництвом, виконують відповідно з нормами (СНиП 2.02.01-83) для двох основних випадків:

– виникнення додаткових ефективних напружень у ґрунті за рахунок підйому рівнів ґрунтової води (РГВ);

– зниження величин модуля деформації ґрунту при його водонасиченні.

Деформації основ існуючих будинків при тимчасовому чи постійному (дренаж) водозниженні поблизу їх визначають від дії виникаючих додаткових ефективних напружень у ґрунті, викликаних зняттям дії води. Величина додаткових ефективних напружень у ґрунті визначається як:

$$\sigma_w^{don} = (\gamma - \gamma_{sb}) \cdot h_w, \quad (1)$$

де γ – питома вага ґрунту; $\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w)/(1+e)$ – питома вага ґрунту в зваженому стані; γ_s – питома вага часток ґрунту; γ_w – питома вага води; e – коефіцієнт пористості; h_w – зниження рівня підземних вод для точок, що знаходяться нижче нового положення РГВ, чи відстань до старого положення РГВ для точок, що знаходяться вище нового і нижче старого РГВ.

Розрахунок деформацій і горизонтальних зсувів існуючих фундаментів, викликаних деформаціями конструкцій, що огорожують котловани, проводять без врахування міцності елементів будинку. У випадку, якщо існуючий фундамент попадає в призму ак-

тивного тиску ґрунту, можна вважати, що його переміщення безпосередньо залежать від величин горизонтальних зсувів конструкції, що огорожує котлован. Площа епюри деформацій поверхні ґрунту дорівнює площі епюри горизонтальних переміщень конструкції, що огорожує котлован. Форми цих епюр відповідають один одному, а величини переміщень точок фундаментів з координатами (рис. 1) знаходяться зі співвідношень:

– осадки

$$s(x_0, z_0) = \frac{u(0, z_0 + x_0 / \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_{II} / 2))}{\operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_{II} / 2)};$$

– горизонтальне переміщення (2)

$$u(x_0, z_0) = u(0, z_0 + x_0 / \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_{II} / 2)),$$

де $u(0, z_0 + x_0 / \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi_{II} / 2))$ – горизонтальне переміщення конструкції, що огорожує котлован; φ_{II} – середньозважене розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту в градусах для розрахунків за другою групою граничних станів.

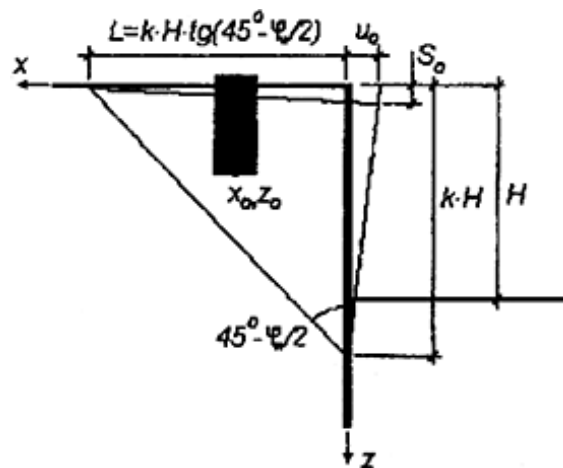


Рис. 1. Схема для визначення деформацій і горизонтальних переміщень фундаментів поблизу кріплень котлованів

В основі умови обмеження різних величин деформацій основи лежать граничні величини для даного будинку чи споруди значення, що є „невідомими”, але регламентованими нормативною літературою.

До найбільш розповсюджених умов подібного типу відносяться:

– обмеження величин осідання:

$$S_{розр} \leq S_{пред};$$

– обмеження відносних величин осідання:

$$(S/L)_{розр} \leq (S/L)_{пред};$$

– обмеження крену:

$$i_{розр} \leq i_{пред} \text{ і т.д.}$$

Перераховані вище умови проектування мають на увазі, що ґрунт основи деформується в стадії лінійного деформування, тому перш ніж визначити розрахункові деформації, необхідно упевнитися в тім, що середній тиск під подошвою споруд P_{II} не перевищує розрахункового опору ґрунту основи R :

$$P_{II} \leq R, \quad (3)$$

або для “слабкого” шару ґрунту сумарне вертикальне напруження не повинне перевищувати величини аналога R (R_z).

З перерахованих вище умов проектування основ випливає, що найбільш гнучкими і всеосяжними умовами є умови в деформаціях (за граничними деформаціями). У той же час, у порівнянні з умовами за I граничним станом, вони легше піддаються перевірці за обмірюванням в натурі опусканням, зсувам і т.д.

У зв'язку з цим дослідження і розрахунки при проектуванні глибоких котлованів слід проводити по деформаціях. Конкретна послідовність замовлень на геотехнічні дослідження, розрахунки, спостереження за деформаціями будинків і споруд у натурі повинні бути підлеглі саме оптимальному проектуванню основ і фундаментів будинків і споруд, а критерієм оптимальності проектування повинні виступати співвідношення розрахункових і граничних деформацій, що спостерігаються. Умова за першим граничним станом, звичайно, повинна виконуватися завжди. З іншого боку, умова за деформаціями – більш гнучка, оскільки перш ніж ґрунти основи починають руйнуватися, у них вже спостерігаються деформації великі граничні чи нормальні, при яких умови експлуатації будівель або споруд можуть бути порушені. Звідси можливий перехід до нелінійних методів розрахунку основ, коли лінійна теорія не може бути використана, як, наприклад, у випадку оцінки деформацій будинків, що безпосередньо примикають до місця улаштування глибоких котлованів [12].

При зведенні нових і реконструкції житлових, суспільних і промислових будинків має місце тенденція до збільшення корисного об'єму за рахунок приєднання або перебудови підземного простору. При зведенні значної за обсягом підземної частини використовують сучасні технології споруджень стінок огорожі котлованів у вигляді “стіни в ґрунті”, опор і стін з буроопускних паль у сполученні з анкерами або без них. З цим пов'язані проблеми уточнених методів розрахунку огорожі котлованів та їх впливів на оточуючу забудову при наявності слабких прошарків ґрунтів.

У загальному випадку при урахуванні об'ємних сил, розподілених на всьому досліджуваному ґрунтовому півпросторі, поверхневих розподілених (полосових) і зосереджених сил, прикладених до границь півпростору, а також при наявності неоднорідного анізотропного багатшарового ґрунтового масиву і можливих суфозій ґрунту задача розрахунку конструкцій огорожі глибоких котлованів і дослідження деформованого стану і стійкості ґрунтового півпростору не має аналітичних розв'язків. У цьому випадку

найбільш доцільним є використання чисельних методів розрахунку на основі співвідношень механіки суцільного середовища, що забезпечує найбільшу точність і адекватність реальній поведінці конструкцій. При наявності прошарків слабких ґрунтів у багатшаровому ґрунтовому півпросторі теорія лінійного деформованого ґрунту не дає достовірних результатів і треба застосувати рівняння стану нелінійної механіки ґрунтів.

Висновки

Таким чином, методика визначення напружено-деформованого стану огорож котлованів і фундаментів та конструкцій будинків і споруд, що розташовані поблизу котлованів, при наявності неоднорідностей та слабких прошарків в основі та розвитку випору чи суфозії ґрунтів, дозволяє обґрунтувати оцінку впливу заглиблених споруд на прилеглу забудову населених місць.

Список літератури

1. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. – М.: Стройиздат, 1987. – 48 с.
2. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. – Москва, 1996. – 44 с.
3. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1990. – 42 с.
4. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 41 с.
5. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 42 с.
6. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 44 с.
7. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – М.: Стройиздат, 1985. – 48 с.
8. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 48 с.
9. Інженерний захист та освоєння територій: Довідник / Білеуш А.І, Ніщук В.С, Штекель А.С. та ін. – К.: Основа, 2000. – 433 с.
10. Баженов В.А., Цихановський В.К., Кислоокий В.М. Метод скінченних елементів у задачах нелінійного деформування тонких та м'яких оболонки. – К.: КНУБА, 2000. – 386 с.
11. Особливості розрахунків та будівництва конструкцій, що огорожують котловани / Карпенко Ю.В., Авраменко А.Д., Білеуш А.І., Дворнік С.А. // Основи і фундаменти. – К.: КНУБА, 2004. – Вип. 30. – С. 13-18.
12. Справочник по проектированию инженерной подготовки застраиваемых территорий / Под ред. В.С. Нищука. – К.: Будівельник, 1983. – 192 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.М. Роєнком 21.09.09

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛЕНТОЧНЫХ ЦЕЛИКОВ

Досліджено вплив структурних особливостей осадових гірських порід на міцність стрічкових міжкамерних ціликів. Виконана оцінка коефіцієнта запасу міцності залежно від ступеня літфікації гірських порід.

Исследовано влияние особенностей осадочных горных пород на мощность ленточных междукамерных целиков. Выполнена оценка коэффициента запаса прочности от степени литификации горных пород.

The influence of sedimentary rocks structural features on the thickness of chain rib pillars is investigated. The evaluation of the load factor from the extent of rocks lithification is carried out.

Введение. Оценка устойчивости подземных горных выработок, расположенных на глубине, при которой во вмещающих породах появляются пластические деформации, базируется на применяемом условии прочности. В этой связи его обоснованию в прикладных исследованиях всегда уделяют большое внимание [1-3].

Основная часть. Формирование и литификация осадочных пород происходит в результате образования структур растворения под влиянием давления и температуры. Индикаторами являются регенерационные зерна кварца и типичные структуры цемента. Основные изменения типов цементов и сопряженные с ними изменения физико-механических свойств горных пород. Согласно А.Г. Коссовской и В.Д. Шутову [4] происходит постепенное формирование прочностных свойств (литификация) с одновременным повышением роли хрупких и уменьшением пластических качеств горных пород. Последнее обстоятельство в значительной мере связано с изменением структуры осадочных пород, в частности, с увеличением размера зерен за счет вторичных процессов регенерации минеральная масса становится более однородной по прочности, ее сопротивление хрупкому разрушению понижается. Хрупкое разрушение, когда разрыв структурных связей происходит практически без нарушения закона Гука при очень малой деформации, является ярко выраженным признаком упругих свойств горных пород.

Осадочные породы являются средой, в которой проходится горная выработка. При достижении определенной глубины породный массив в окрестности искусственной полости под действием концентрации напряжений начинает разрушаться. Процесс разрушения пород разной степени литификации (хрупкости) протекает неодинаково. Хрупкое разрушение происходит с высокой скоростью и минимальной диссипацией энергии. Деформирование же пластических пород при одном и том же пределе

прочности требует значительно больших затрат энергии и протекает довольно медленно [5]. В последнем случае этот процесс в горных выработках часто носит незатухающий характер.

Достаточно четкого критерия, согласно которому породы могут быть отнесены к пластичным или хрупким, нет. Одни и те же породы в зависимости от вида напряженного состояния, скорости нагружения, температуры, влажности и т.п., ведут себя и как хрупкие, и как пластичные. Имеется предложение оценивать хрупкость горных пород отношением количества работы, затраченной на разрушение реального образца, к количеству работы, затраченной на разрушение идеально упругой породы с тем же пределом прочности [6].

В работах [7, 8] предлагается оценивать хрупкость горных пород работой, затраченной на деформирование породного образца в условиях одноосного сжатия до предела прочности, к работе, затраченной на разрушение того же образца за пределом прочности.

Л.А. Шрейнер [9] указывает на возможность оценивать хрупкость горных пород отношением энергии сдвигообразования к полной энергии взаимодействия в плоскости скольжения.

Все отмеченные выше предложения, как и многие другие, имеют один общий недостаток: их невозможно ввести в условие прочности, которое служит основой для математического описания равновесного состояния породного массива в окрестности выработки. Такой величиной, свободной от указанного недостатка, является отмеченная выше величина ψ , входящая в формулу (1). Физический смысл коэффициента хрупкости ψ по определению Г.С. Писаренко и А.А. Лебедева [10] состоит в том, что она «характеризует степень участия в макроразрушении сдвиговой деформации, создающей благоприятные условия для разрыхления материала и образования трещин».

Последнее обстоятельство следует из анализа структуры основного соотношения теории прочности, предложенной для случая плоского деформированного состояния в работе [1]:

$$\sigma_e = \frac{(\psi - 1)(\sigma_1 + \sigma_3) + \sqrt{(\psi - 1)^2 (\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 4\psi (\sigma_1 - \sigma_3)^2}}{2\psi} \leq R_c, \quad (1)$$

где σ_e – эквивалентное напряжение, σ_1, σ_3 – максимальный и минимальный компонент главных напряжений, $\psi = \frac{R_p}{R_c}$ – коэффициент хрупкости, R_p ,

R_c – соответственно предел прочности горных пород на одноосное растяжение и сжатие.

Коэффициент хрупкости изменяется от 0 до 1: при $\psi = 0$ имеет место идеальная хрупкость, при $\psi = 1$ – идеальная пластичность исследуемого материала. В соответствии с приведенным выше замечанием Г.С. Писаренко и А.А. Лебедева, из (1) вытекает, что в предельном состоянии при $\psi = 0$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_3) R_c}, \quad (2)$$

а при $\psi = 1$

$$\sigma_1 - \sigma_3 = R_c. \quad (3)$$

Для этих крайних структурных состояний горных пород можно получить следующее соотношение

$$\beta^2 = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{R_c}, \quad (4)$$

где β – коэффициент влияния хрупкости материала на его прочность в сложном напряженном состоянии.

Как следует из (4), это влияние определяется уровнем действующих напряжений и прочностью горных пород на одноосное сжатие. Если обозначить $\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{R_c} = \sigma$, то получим следующее уравнение:

$$\beta^2 = \sigma. \quad (5)$$

Из него следует, что по мере роста пластичности горных пород сдвиговые деформации растут, подчиняясь параболическому закону прямо пропорционально сумме главных напряжений и обратно пропорционально пределу прочности на одноосное сжатие.

Оценка влияния коэффициента хрупкости, или структуры горных пород, на прочность междукамерных целиков была выполнена методом конечных элементов с применением соотношения (1). На рис. 1 показано влияние величины ψ на запас прочности целика при различной его ширине.

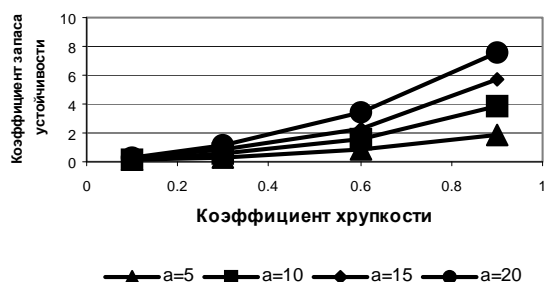


Рис. 1. График зависимости коэффициента запаса устойчивости Z от относительных размеров целика a

Из графиков видно, что с ростом величины ψ при одном и том же коэффициенте запаса прочности ширина целика существенно уменьшается, т.е. он как бы становится прочнее. Таким образом, точное определение коэффициента хрупкости является важной инженерной и научной задачей. Методические подходы к определению этой величины изложены в [11].

Выводы

Коэффициент хрупкости, характеризующий структуру горных пород, определяет степень участия в акте разрушения сдвиговой компоненты, которая приводит к разрыхлению твердых тел и образованию в них трещин.

Роль сдвиговых деформаций в общем процессе разрушения материала растет, подчиняясь параболическому закону, по мере роста пластичности материала ($\psi \rightarrow 1$).

При одной и той же ширине целика увеличение коэффициента хрупкости на 20% приводит к увеличению запаса прочности на 30-40%.

Список литературы

1. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Гапеев С.Н. Деформируемость и прочность массивов горных пород. Монография. – Д.: НГУ, 2008. – 224 с.
2. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
3. Расчеты на прочность в машиностроении / С.Д. Пономарев, В.Л. Бидерман, К.К. Лихарев и др. – М.: Машгиз, 1956. Т. 1. – 884 с.
4. Коссовская А.Г., Шутов В.Д. Проблема эпигенеза // Эпигенез и его минеральные индикаторы. – М.: Наука, 1971. – С. 9-34.
5. Спивак А.И., Шутов В.Д. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
6. Лавров В.В. Природа масштабного эффекта у льда и прочность ледяного покрова // ДАН СССР. – 1958. – Вып. 122. – № 4. – 248 с.
7. Литвинский Г.Г. Кинетика разрушения породного массива в окрестности горной выработки. – ФТРПИ, 1974. – № 5. – С. 15-22.
8. Литвинский Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов: Монография. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 207 с.
9. Баландин П.П. К вопросу о гипотезах прочности // Вестник инженера и техника. – 1937. – № 1. – С. 19-24.
10. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Сопротивление материалов деформированию и разрушению при сложном напряженном состоянии. – К.: Наукова думка, 1969. – 209 с.
11. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статической геомеханики. – К.: Пульсары, 2002. – 302 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Е.О. Сдвижковою 03.09.09

ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЙ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

За результатами шахтних досліджень виконана класифікація вивалів за їх основними параметрами та ознаками.

По результатам шахтных исследований выполнена классификация вывалов по их основным параметрам и признакам.

On results mine researches classification of roof rock sudden is executed on their basic parameters and signs.

Введение. Донецкий бассейн является основным поставщиком высококачественного угля для энергетической и металлургической отраслей Украины. Одной из характерных особенностей этого месторождения является высокая тектоническая нарушенность. Разрывные нарушения проникают на глубину до 3,5 км, имеют амплитуду смещений от сантиметров до сотен метров и более. Следует отметить, что геологические службы дают обоснованные сведения при амплитуде нарушений 10 м и более. Между тем, разрывные нарушения с амплитудой до 5 м в общем строении Донецкого бассейна составляют 83% [1]. Кроме этого, увеличение глубины разработки угля обуславливает формирование больших зон разрушенных пород вокруг выработок. Эти особенности необходимо учитывать при строительстве и поддержании горных выработок, так как зоны геологических нарушений и значительные зоны деформированных пород характеризуются интенсивной трещиноватостью и вывалообразованиями.

Явление вывалообразования, нарушая равновесное состояние, отрицательно сказывается на деформационном состоянии породного массива, поэтому оценка возможности появления вивалов и их результирующего действия имеет существенное значение при строительстве и поддержании горных выработок.

В этой связи разработка методов прогнозирования вывалообразований в горных выработках и способов их предупреждения с учетом геомеханического состояния вмещающего породного массива является актуальной научно-технической задачей, имеющей важное значение для горнодобывающей отрасли.

Целью работы является классификация вывалообразований по форме и размерам и анализ их зависимости от основных горно-геологических и горно-технических факторов.

Общая характеристика вывалообразований. Для описания формы вывалообразований воспользуемся классификацией, приведенной в работе [1], сведя их к четырём: сводчатой, конусной, ступенчатой и призматической.

По направлению оси вывала, определяемого углом наклона β относительно поперечного сечения выработки (ось вывала – линия, проходящая через центр вывала в направлении его наибольшего размера), будем их относить к трем группам: прямые, косонаправленные и пологие.

Размер вывалообразования непосредственно определяет конечный объем (массу) отделившейся от массива пород, то есть возможную нагрузку на крепь. Этот показатель имеет значение не только для выбора крепи, но и способов или мероприятий по повышению устойчивости выработок.

Еще одним характеризующим признаком вывала является состояние вновь образованных породных обнажений. Оно может быть стационарным и развивающимся. В последнем случае породные обнажения неустойчивые, наблюдается развитие их деформаций, возможны повторные вывалы.

Классификация вывалообразований по основным параметрам и признакам. Для оценки направления вывалообразований относительно поперечного сечения выработки был выполнен анализ результатов шахтных наблюдений за развитием нагрузок на крепь (в т.ч. по деформациям крепи) выработок шахт «Новодзержинская», «Торецкая», «Комсомолец» ГП «Дзержинскуголь» и оценка при ремонте этих выработок – направления и размеров вновь образованных породных обнажений (при выпуске породы).

По длине выработки размер вывалообразований изменяется от 2 до 25 м. Наиболее часто (до 80% вивалов) эта величина характеризуется размерами 2...10 м.

Основной прирост нагрузки обычно наблюдается в направлении наибольшего удаления от контура выработки вновь образованного породного обнажения, т.е. в направлении оси вывала. Так как развитие нагрузки на крепь связано со смещениями пород, правомочен вывод, что преобладающие смещения породного контура могут характеризовать направление возможного вывалообразования.

Анализ показал, что при прямом вывале и изменении угла его наклона от 62 до 86° фактическая нагрузка на крепь составила 90...100% от массы породы, выпущенной при выполнении ремонтных работ, при косонаправленном вывале соответственно 38...60° и 51...75%. Характер деформирования элементов крепи и массы пологого вывала позволяют оценить нагружающие усилия, как соответствующие 20...25% веса пород, заключенных в вывалообразовании. Это позволяет оценивать вывалы по направлению, как:

- прямой – $\beta = 60...90^0$, учитываемая нагрузка P'_e – 100% от веса отделившейся породы P_e ;
- косонаправленный – $\beta = 31...60^0$, $P'_e = 75\% P_e$;
- пологий – $\beta = 0...30^0$, $P'_e = 25\% P_e$.

Пологие вывалы встречаются редко. Возможность образования пологого вывала связана только с некачественным ведением буровзрывных работ, то есть технологическим фактором, который может регулироваться. При комбайновом сооружении выработок пологие вывалы не зафиксированы.

Косонаправленный вывал (33 случая из 104 рассмотренных) обычно направлен в сторону нормали к напластованию, в нарушенных породах – в сторону повышенной трещиноватости.

Прямой вывал (67 случаев) характерен для трещиноватых пород (в том числе тонкослоистых и слабых, расположенных под слоем пород крепких).

Предполагаемое направление вывала в действующей выработке может быть в первом приближении оценено характером деформации постоянной крепи.

Вероятность прямого вывала при податливой металлической крепи характеризуется интенсивным уменьшением высоты выработки за счет прогиба верхнего элемента и его сопряжения. При косонаправленном вывале наблюдаются деформации бокового элемента крепи со стороны наибольших смещений, выполаживание его и общее сужение выработки.

Отмеченная зависимость деформационного состояния постоянной крепи наблюдается и при других их конструкциях и режимах работы. В бетонной крепи характерно развитие продольных (по длине выработки) трещин с шагом 0,3...0,6 м и более, а при смещениях 250 мм и более – поперечных или близких к этому направлению трещин с шагом 0,5...1,0 м. На участках последующих вывалообразований появление продольных и поперечных трещин наблюдает-

ся примерно одновременно при шаге соответственно 0,2...0,4 м и 0,2...0,5 м. При этом 20...22% трещин имеют другие направления. Таким образом, не прогнозируемое (хаотическое) расположение трещин может характеризовать вероятность и направленность вывалообразования.

Анализ форм и размеров вновь сформированных породных образований (обследовались участки выработок, ремонтируемых с выпуском породы, в том числе на участках «завалов») показывает их непосредственную зависимость от характеристик породного массива (прочность, строение, влажность), технических (форма и размер выработок, их взаимовлияние) и технологических факторов (способ сооружения, характеристика крепи, качество работ и т.д.).

Размеры вывала v_1 , h_1 непосредственно зависят от горно-геологических условий, характера воздействия горных работ и качества проходческих операций по выемке породы.

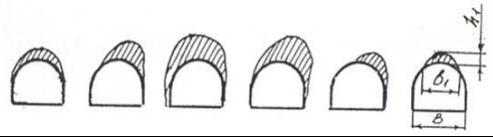
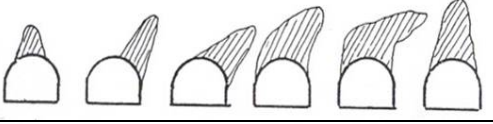
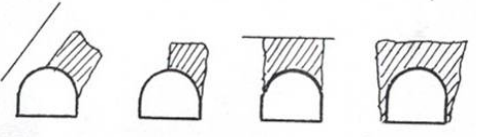
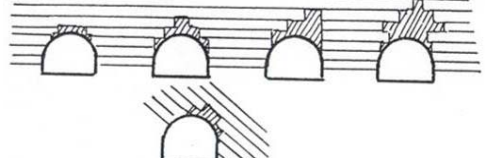
Наибольшее воздействие на крепь выработки и, в конечном итоге, на ее эксплуатационное состояние оказывает прямой вывал.

Косонаправленный вывал, оказывающий (при равных условиях) меньшее воздействие на крепь, имеет существенное отрицательное влияние, так как приводит к несимметрии нагрузок. Это особенно важно учитывать в сближенных выработках, т.к. в этих выработках преимущественно наблюдаются вывалы с направлением оси в сторону смежной выработки.

В табл. 1 приведены формы вывалообразований, их размеры и объемы выпущенной при ремонте породы, с характеристикой удельной нагрузки на крепь.

Таблица 1

Классификация вывалообразований по форме и основным параметрам

Характеристика породного массива	Разновидности форм вывалов, наблюдаемых в данных условиях	Обобщенная форма (число случаев)	Размеры вывалообразований (доля от размера выработки)	Нагрузка на крепь	
				удельная, кН/м ²	общая масса вывала, т
Однородные ненарушенные ($\sigma_{сж} \geq 80$ МПа)		сводчатая (26)	$v_1 = 1,1...7,2$ м (0,3...1,2) В $h_1 = 0,5...1,5$ м (0,2...0,5) h	12...30	4,0...8,0
Обводненные различной характеристики; крепкие трещиноватые ($\sigma_{сж} = 80-120$ МПа)		конусная (34)	$v_1 = 1,2...6$ м (0,5...1,0) В $h_1 = 1,2...9$ м (0,5...2,0) h	10...120	4,0...50
Различной характеристики под слоем более крепких пород; трещиноватые, слоистые, с толщиной слоя до 0,5 м		призматическая (30)	$v_1 = 1,2...6$ м (0,5...1,2) В $h_1 = 1,2...8$ м (0,5...2) h	14...140	4,0...60
Слоистые, с толщиной слоя 0,5 м и более (до 1,5 м)		ступенчатая (14)	$v_1 = 1...6,5$ м (0,2...1,0) В $h_1 = 0,5...6,5$ м (0,2...2) h	12...50	1,0...12

Приведенные значения зафиксированы в конкретных горно-геологических условиях и сведены в четыре группы, по наиболее встречающейся конфигурации вновь образованных породных обнажений. В ряде случаев вывал смещен относительно вертикальной оси выработки (обычно в сторону наибольшей нарушенности массива или смежной, в том числе закругления или отходящей выработки), имеет весьма сложную конфигурацию, которая не может быть достоверно отнесена к принятым, но эти аномалии относительно незначительны (до 10%).

В однородных породах, независимо от прочности ($\sigma_{сж} \geq 80$ МПа) вновь образованные породные обнажения имеют форму, близкую к сводчатой. Высота вывалообразования (h_i) обычно не превышает 1,5 м, в большинстве случаев до 1,0 м. В породах с $\sigma_{сж} \leq 50$ МПа ширина может быть больше ширины выработки (B), в породах более крепких – до 0,8 B .

Порода в пределах вывала обычно сильно нарушена, с четким разделением на слои толщиной до 15 см и их нарушением поперечными (относительно слоя) трещинами с расстоянием между ними 10...30 см.

Гранулометрический состав породы, выпущенной при ремонте из сводчатого вывала, представлен размерами фракций породы: до 3 см – 49%, от 3 до 10 см – 35%, более 10 см – 20%. Это в определенной мере характеризует «постепенность» формирования вывала. Размер кусков породы более 30 см не зафиксирован, указанные размерности фиксируются только при оборке вновь образованных породных обнажений. Наибольшая удельная нагрузка на крепь при данной форме вывала не превышает 30 кН/м², а общая масса вывала 4...8 т на 1 м длины выработки. Превышение ширины вывала размера B наблюдается в породах прочностью до 50 МПа, а также при сооружении выработки по контакту разнопрочных пород.

Анализ возможной нагрузки на крепь при образовании сводчатого вывала показывает, что этот вывал не может быть причиной полной деформации постоянной крепи выработки, независимо от ее вида. Он является следствием нарушения крепи в результате смещений пород. Оценка этого формирования может быть проведена по гранулометрическому составу породы, заключенной в его пределах. Основное мероприятие по предупреждению выпуска породы при ремонте и развитии сводчатого вывалообразования – укрепление пород вяжущим раствором (тампотаж).

Сводчатая форма вывалообразований часто встречается в выработках, находящихся в зонах непосредственного влияния очистных работ и активно влияния смежных выработок (21 случай из 26)

Вокруг очистного забоя и смежных выработок возникают зоны опорного давления (на участке между смежными выработками происходит их наложение друг на друга), в пределах которых напряженное состояние массива в 1,5...5 превышает напряженное состояние в смежных участках. Развитие напряжений и процесс деформации происходит во времени. Этим может быть объяснена высокая степень деформаций пород в пределах сводчатого образования. В свою

очередь высокая степень деформации пород предупреждает их интенсивное развитие в каком-то отдельном направлении.

Конусная форма вывала характерна для обводненных пород, прочностью на сжатие до 80 МПа, трещиноватых пород прочностью обычно до 120 МПа, высота конусного вывала обычно более 2 м. На шахте «Торецкая» при сооружении квершлага гор. 810 м в трещиноватых песчаниках ($\sigma_{сж} = 62$ МПа) высота конусных вывалов составляла 3,2...6,8 м. Ширина конусного вывала обычно не превышает ширину выработки (0,5...0,8 B).

Гранулометрический состав породы отличается от случая сводчатого вывала: размер фракции породы до 3 см – 25%; от 3 до 10 см – 30%; от 11 до 20 см – 20% и более 20 см – 15%, 30...40 см (от 5 до 10%).

Наибольшая удельная нагрузка на крепь при конусном вывале 120 кН/м², а общая масса вывала достигает 50 т на 1 м длины выработки.

Эта нагрузка может вызвать нарушения крепи и явиться причиной нарушения эксплуатационного состояния выработки. Последовательность нарушения породы в пределах конусного вывала характеризуется ее расслоением, прогибом и последующим отделением от массива за счет развития радиальных трещин.

В зонах непосредственного влияния очистных работ конус встречается редко (2 случая из 34 рассмотренных). В 31 случае форма вывалообразований имела плоское или близкое к нему верхнее основание, что необходимо учитывать при оценке возможной нагрузки на постоянную крепь выработки.

Призматический (прямоугольный) вывал характерен для трещиноватых пород (в т.ч. в зонах геологических нарушений [2]) прочностью до 60 МПа, расположенных под слоем более крепких. Встречается в зонах непосредственного влияния очистных работ (6 случаев из 30 рассмотренных) значительно меньше, чем сводчатые образования. Гранулометрический состав породы: размер кусков породы до 10 см – 20%, 10...30 см – 25%; 30...50 см – 40%; более 50 см – 15%. Преобладающее наличие крупных (более 30 см) фракций может характеризовать призматический вывал, как оказывающий местное нагружение крепи. Такой характер нагружения резко снижает отпор крепи.

Высота призматического вывала достигает 8 м, ширина – 6 м, в большинстве случаев (30 из 36) не превышает ширины выработки. Наибольшая удельная нагрузка на крепь 140 кН/м², а общая масса вывала достигает 60 т на 1 м длины выработки. Эта нагрузка может вызвать деформацию крепи. Под влиянием деформации породы в пределах призматического вывала и его сосредоточенном нагружении крепи при этом виде вывала происходит интенсивное нарушение крепи на отдельном участке контура выработки и обрушение породы. Обычно разрушаются более слабые элементы крепи (например, затяжка), несущие элементы могут сохранять устойчивость. Призматический вывал в силу характера воздействия на крепь является основным видом вывалообразова-

ний, вызывающих завалы выработок. Из 36 случаев завалов (шахты «Новодзержинская», «Торецкая» и «Комсомолец») 30 случаев характеризуются призматическим вывалом, 4 – конусным, 2 – ступенчатым.

Ступенчатый вывал характерен для штрековых выработок, сооружаемых в слоистых породах с толщиной слоев 0,5...1,5 м (наиболее часто 0,6...1,0 м) и относительно слабым сцеплением между ними.

Ступенчатый вывал имеет значительное распространение по длине выработки (20 м и более). Его ширина обычно не превышает ширину выработки (наиболее часто 0,6...0,8 В), а высота – 3 м. В зонах непосредственного влияния очистных работ размер ступенчатого вывала по высоте увеличивается в 2...2,5 раза, по ширине – до В и вывал обычно смещен в сторону очистных работ.

Наибольшая удельная нагрузка на крепь достигает 50 кН/м², общая масса вывала 12 т на 1 м длины выработки. Гранулометрический состав породы при ступенчатом вывалообразовании: до 15 см – 15%, 15...30 см – 25%; 31...50 см – 50%; более 50 см – 20%. По форме вновь образованных породных обнажений ступенчатый вывал близок к конусному, а по гранулометрическому составу – к призматическому. С учетом изложенного, ступенчатый вывал может даже при относительно небольших нагрузках вызвать деформацию крепи и нарушение эксплуатационного состояния выработки.

В зонах непосредственного влияния очистных работ форма вывалообразований практически не меняется, но размеры ее на 30...200% увеличиваются. При этом формирование вывала происходит более интенсивно.

При прочих равных условиях размер вывалообразования увеличивается до 50...60% при интенсивном пучении пород почвы. Это можно объяснить повышенной деформацией пород в боках выработки (формирование пологого вывала) и за счет этого увеличения размеров вывалов со стороны кровли.

В породах ненарушенных ($\sigma_{сж} \geq 80$ МПа), находящихся вне зоны непосредственного влияния очистных работ, вывалообразований, вызванных геомеханическими процессами, не наблюдается. Они возможны только при нарушении сплошности массива технологическими процессами. В этом случае возникающее вывалообразование может быть отнесено к одному из вышерассмотренных видов, но их размеры и силовое воздействие на крепь составляет 30...60% от фиксируемых в более слабых породах.

По состоянию (степени деформации) и характеру проявления геомеханических процессов породные обнажения, образованные в результате вывала, могут быть подразделены на два вида: устойчивые и неустойчивые. По этому признаку все виды вывалообразований могут классифицироваться как стационарные и развивающиеся.

Стационарный вывал характеризуется длительной устойчивостью породных обнажений, отсутствием развивающихся деформаций даже при наличии трещин после выпуска породы, перед оборкой.

Устойчивое состояние породных обнажений после вывалообразований, независимо от назначения выработки, глубины ее расположения, наблюдалось в выработках шахт «Комсомолец» гор. 960 м, «Торецкая» гор. 710 м и 810 м. Из 104 вывалообразований в горизонтальных выработках 60 имели устойчивые вновь образованные породные обнажения. Все эти вывалы были зафиксированы в относительно однородных породах прочностью на сжатие 55...80 МПа.

Характерным признаком развивающегося вывала является повышенная трещиноватость и слоистость пород, которые интенсивно развиваются и при отсутствии охранных мероприятий (усиление крепи, укрепление пород и т.д.) приводят к новым вывалообразованиям по длине выработки. При разборе завала (участок длиной 15 м) в вентиляционном квершлага гор. 502 м шахты «Новодзержинская» произошел новый завал на смежном участке длиной 25 м. Разбор нового завала произвели с предварительным усилением крепи (установка промежуточных рам и укрепление пород цементно-песчаным раствором). Повторных завалов не наблюдалось.

Развивающиеся вывалы обычны в слоистом массиве, независимо от прочности пород, при толщине слоев до 1,0 м, однородных породах прочностью до 55 МПа и в породах обводненных. В указанных условиях интенсивность развития вывалообразований во времени составляет от 0,5...1,0 до 6,0 месяцев.

Выводы. Выполнена классификация вывалов, что позволяет прогнозировать состояние выработок в рассмотренных условиях и планировать мероприятия по повышению их устойчивости.

Отмечено, что вывалообразования в однородных породах прочностью более 80 МПа не наблюдаются и возможны только в связи с некачественным ведением горных работ или под влиянием очистных работ.

Основное влияние на формирование вывала оказывают смещения пород, которые характеризуют развитие трещинообразования, величину деформаций приконтурного массива и постоянной крепи выработки. В качестве критериальных оценок вероятности вывалообразований могут быть приняты: абсолютные смещения контура выработки, которые наиболее полно характеризуют процесс формирования вывала, степень и характер деформации крепи, определяющие вероятность вывалообразования и возможную его направленность.

Список литературы

1. Кошелев К.В., Томасов А.Г. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок. – М.: Недра, 1985. – 216 с.
2. Кошелев К.В., Ланда А.И., Лазченко А.В. Оценка зон влияния геологических нарушений. – Уголь. – 1982. – № 4. – С. 49-51.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.М. Роєнком 09.06.09

УЩІЛЬНЕННЯ АЛМАЗОВІСНИХ СИСТЕМ ІЗ ВЗАЄМОДІЮЧИМИ КОМПОНЕНТАМИ ДЛЯ ПОРОДОРУЙНІВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Доведено, що залежності швидкості усадки відображують основні процеси та зміну механізму масопереносу, які відбуваються в алмазовмісних системах при гарячому пресуванні. Визначено склад вихідних речовин, які мають теоретичну та практичну цінність для технології отримання алмазовмісних матеріалів із наперед заданими властивостями.

Доказано, что зависимости скорости усадки отражают основные процессы и изменение механизма массопереноса, которые происходят в алмазосодержащих системах при горячем прессовании. Определены составы исходных веществ, которые представляют теоретическую и практическую ценность для технологии получения алмазосодержащих материалов с заданными свойствами.

It is proved, that dependences of shrinkage speed reflect the basic processes and change of the mechanism mass transport which occur in diamond-bearing systems at hot pressing. Structures of initial substances which represent theoretical and practical value for technology of reception diamond-bearing materials with the set properties are determined.

Вступ. Створення композиційних алмазовмісних матеріалів (КАМ) з високим рівнем механічних та експлуатаційних властивостей є актуальною проблемою в зв'язку з тим, що вони знайшли широке застосування для виготовлення породоруйнівних та інших інструментів, які працюють в екстремальних умовах [1]. Їх виготовляють на основі спеціальних сумішей методами гарячого пресування, гарячого ізостатичного пресування та вільного спікання [2]. Для приготування вихідної суміші використовують природні або штучні алмази в діапазоні зернистості 250/200-1000/800 з відносною концентрацією від 25 до 150% та порошки металів і неметалів. Фізико-механічні властивості КАМ залежать від аналогічних властивостей вихідних елементів, хімічного складу та їх мікрогеометричних характеристик, способу та технологічних режимів спікання. Для поліпшення структури та підвищення рівня механічних властивостей до складу КАМ на основі порошків заліза, міді, нікелю та олова вводять добавки дибориду хрому (CrB_2) або (чи) інших сполук перехідних металів [1].

Поліпшення структури та підвищення рівня механічних властивостей КАМ можна достатньо ефективно здійснювати, використовуючи технологію гарячого пресування шляхом зміни температури спікання, тиску пресування, тривалості термічної обробки та складу вихідних елементів [2]. Так, зокрема, в [1] встановлено, що надлишок CrB_2 та недостатня температура спікання не дозволяють отримати КАМ з високими механічними та експлуатаційними властивостями і, навпаки, висока температура спікання та брак CrB_2 погіршують ці властивості внаслідок утворення вільного вуглецю в прошарку навколо частинок алмазу. Змінюючи концентрацію алмазів у вихідній суміші можна також отримати КАМ з підвищеною зносостійкістю.

Широкий спектр фізико-механічних властивостей вихідних речовин, хімічного складу, мікрогеометричних характеристик та неізотермічних умов спікання

породжує нескінченну множину структур і властивостей КАМ, та призводить до нових явищ і ефектів. Ці обставини сильно ускладнюють отримання КАМ з наперед заданими властивостями. Тим не менше в [3] було доведено, що в системі алмаз – 49,98 % Fe – 31,36 % Cu – 8,82 % Ni – 7,84% Sn – 2,00% CrB_2 (тут і далі % за масою) в умовах гарячого пресування можна передбачити властивості композиту. В цій роботі також було відмічено, що для з'ясування механізму поліпшення структури з одночасним підвищенням механічних властивостей необхідно ґрунтовно дослідити кінетику усадки в таких системах залежно від зміни хімічного складу та умов спікання.

В даній роботі ми подаємо результати дослідження впливу концентрації алмазів на усадку та її швидкість при гарячому пресуванні вихідної системи 56 % Fe – 20 % Ni – 12 % Cu – 8 % Sn – 4,00% CrB_2 , які можуть бути використані при розробці та прогнозуванні фізико-механічних властивостей КАМ для породоруйнівних інструментів.

Матеріали і методи дослідження. Досліджували зміни лінійної усадки l і швидкість відносної усадки da/dt при гарячому пресуванні зразків КАМ, які були попередньо отримані на основі вихідних сумішей з різним вмістом алмазів холодним пресуванням при тиску 100 МПа та наступним вільним спіканням в муфельній печі. За вихідні речовини використовували порошки алмазу каталітичного синтезу марки АС 160Т (виробництва ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України) зернистістю 400/315, заліза ПЖ1М2 (ГОСТ 9849-74), міді ПМС-1 (ГОСТ 4960-75), нікелю ПНЭ-1 (ГОСТ 9722-79), олова ПО-1 (ГОСТ 9723-73) і дибориду хрому із вмістом 70,62% хрому та 29,30% бору (Донецький завод хімічних реактивів). Вихідні порошки металів і дибориду хрому піддавали механічному обробленню в барабанному млині з використанням розмельних куль із високощільної алюмооксидної кераміки в режимі сухого млива. Швидкість обертання млина становила 200 об/хв, що забезпечу-

вало ударно-зсувну дію куль на порошки. Співвідношення маси куль і порошоків становило 5:1, тривалість оброблення – 10 год. Розміри вихідних порошоків не перевищували 5 мкм. Вихідну суміш 56% Fe – 20% Ni – 12% Cu – 8% Sn – 4,00% CrB₂ готували змішуванням отриманих порошоків у спиртовому середовищі. На основі цієї суміші отримали зразок 1. Алмазовмісні суміші 2-4 одержували шляхом додавання алмазного порошку до вихідної суміші зразка 1 у такій кількості 4,4; 5,5; 6,6 каратів на один зразок (що відповідає відносній концентрації алмазів в композиції відповідно 100, 125 і 150%) та їх змішуванням з використанням гліцерину до потрібної якості без застосування розмельних куль та інших речовин. При цьому наважки вихідних сумішей зменшували на величину маси алмазів відповідних зразків. Досліджувані зразки отримали в такий спосіб. Наважки для кожного зразку закладали в жаростійкі форми, які мали засипний отвір діаметром 10 мм, та здійснювали пресування при кімнатній температурі і тиску 100 МПа. Отримані брикети піддавали спіканню в муфельній печі SNOOL 72/100 при температурі 800 °С протягом однієї години і наступному гарячому пресуванню на гідравлічному пресі ППР 400 10Т при постійному тиску 160 МПа з одночасним записуванням лінійної усадки *l*.

Зміна концентрації алмазів служила критерієм зміни усадки та її швидкості при гарячому пресуванні зразків. Усадку записували за допомогою електронного індикатора DIGICO 10 (TESA, Швейцарія) з цифровим відліком при кроці дискретності 0,001 мм. При вимірюванні лінійної усадки для кожного значення тиску виконували не менше чотирьох випробувань. За результатами випробувань визначали математичні характеристики: математичне сподівання *E* величини лінійної усадки *l_i*, середнє квадратичне відхилення $\sigma = \sqrt{1/m_i \sum_{j=1}^{m_i} (E - l_i)^2}$, варіаційний коефіцієнт $\nu = (\sigma/E)100\%$, середня похибка варіаційного коефіцієнта $\sigma_\nu = \nu \sqrt{0,5\nu^2/100} \sqrt{m_i}$, середня похибка середнього арифметичного відхилення $\delta = (\sigma_\nu/\sqrt{m_i})100\%$, де *m_i* = 4 – кількість випробувань. Для обробки приймалися ті дані середньоарифметичних значень величин лінійної усадки, для яких значення $\delta \leq 5\%$. За експериментальними даними лінійної усадки розраховували швидкість відносної усадки *da/dt* на інтервалі процесу з кроком 2 с.

Результати та їх обговорення. В літературі відсутні дані про залежності усадки та її швидкості при гарячому пресуванні зразків КАМ, отриманих на основі вивчаємих сумішей. Це пов'язано із тим, що аналіз кінетики усадки в таких системах сильно ускладнюється взаємним впливом порошоків заліза, міді, нікелю, олова та дибориду хрому та алмазу, а також зміною тиску. Так, зокрема, було виявлено, що висота зразків 1-4 після їх спікання в муфельній печі за температурою 800 °С протягом години мала дещо

більші значення від висоти відповідних брикетів, отриманих холодним пресуванням при тиску 100 МПа. Це пов'язано із тим, що фазоутворення в таких системах в умовах вільного спікання супроводжується розширенням. Отримані результати підтверджуються експериментальними даними [4,5], у яких було встановлено, що в системі Cu – Sn за температурою ≥ 500 °С внаслідок дифузії олова в міді утворюються β -, γ -, δ - і ϵ – фази, які супроводжуються розширенням. Слід відзначити, що у випадку спікання системи алмаз – Fe – Ni – Cu – Sn – CrB₂ крім цих фаз утворюються ОЦК твердий розчин на основі α – Fe, ГЦК твердий розчин на основі γ – Cu, твердий розчин на основі нікелю і заліза в системі Cu – Sn, θ – фаза на основі нікелю і олова, твердий розчин (Cr, Fe, Ni)(Cu, Sn) чи (або) суміш трьох твердих розчинів α_{Cr} – γ_{Cu} – γ_{Ni} , та твердий розчин на основі дибориду хрому [1]. Ці обставини однозначно пояснюють причини розширення вивчаємих систем при спіканні в муфельній печі, що і було зафіксовано.

Що стосується гарячого пресування складних порошкових систем на відміну від їх спікання в муфельній печі, то слід відзначити, що прикладений тиск не тільки прискорює процеси, що відбуваються, але й збільшує молекулярну масу та густину, змінює механізми масопереносу, структуру і властивості композиту [6]. У зв'язку з цим зупинимось спочатку на аналізі кінетики усадки в базовій системі, яка не містить частинок алмазу, а потім перейдемо до аналізу цього процесу в аналітичних системах з добавками алмазів.

Згідно з рис. 1 (крива 1) маємо лінійне зростання усадки від 0 до 3,0 мм в початкові моменти (перша стадія) гарячого пресування зразка 1 при тиску 160 МПа, який підлягав попередньому спіканню в муфельній печі за температурою 800 °С протягом години. Далі на інтервалі процесу 20-40 с (друга стадія) усадка зростає від 3,0 до 3,9 мм нелінійно. При подальшому збільшенні часу на заключному етапі процесу усадка змінюється несуттєво, хоча і спостерігається її тенденція до зростання. При цьому на даному етапі на кривій усадки спостерігаються деякі відхилення від лінійності. Це означає, що взаємодія між елементами в цих інтервалах відбувається по-різному, що спричиняє зміну механізмів масопереносу, фазові і структурні перетворення. Відзначимо, що ця взаємодія може мати як фізичну, так і суто хімічну природу і по різному впливати на властивості КАМ.

Перед тим як пояснити фізичний зміст отриманої залежності звернемо увагу на такі важливі факти.

1. Внаслідок прикладання досить великого тиску на першій стадії процесу (0-20 с) система починає різко стискатися, тобто зменшуватися в об'ємі. Це спричиняє як усадку, так і ущільнення. Рідка фаза (евтектика в систем Cu – Sn) під дією капілярних сил легко змочує тверді частинки заліза, нікелю, міді та дибориду хрому. В цьому випадку в системі діє механізм перегрупування [7], тобто відбувається додаткове ущільнення твердої фази.

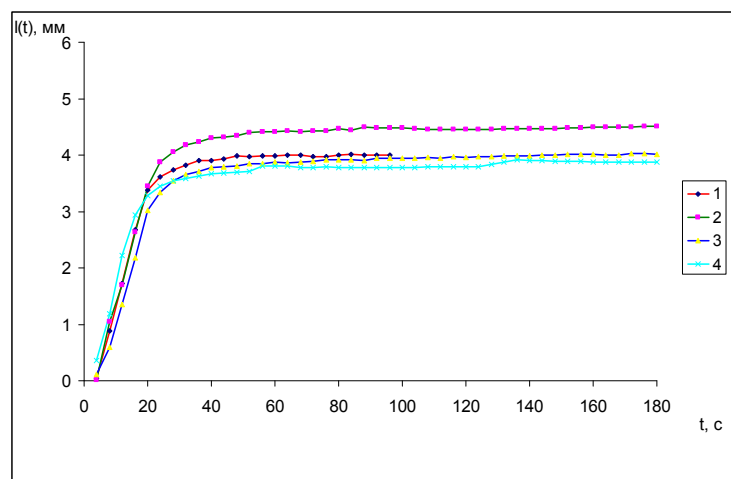


Рис. 1. Залежності лінійної усадки від часу при гарячому пресуванні зразків 1-4, отриманих на основі суміші 56% Fe – 20% Ni – 12% Cu – 8% Sn – 4,00% CrB₂ з різною концентрацією алмазів (K, %): 1 – K = 0 (зразок 1); 2 – K = 100 (зразок 2); 3 – K = 125 (зразок 3); 4 – K = 150 (зразок 4)

2. Після перегрупування твердих елементів в системі на другій стадії процесу (20-40 с) створюються сприятливі умови для дифузійних процесів, які змінюють механізми масопереносу на молекулярному рівні.

3. Евтектична рідина на другій на заключній стадії процесу частково розчиняє тверді частинки заліза, нікелю, міді, а можливо, і дибориду хрому, що також впливає на кінетику процесів, які відбуваються, спричиняючи таким чином додаткову усадку. В цьому випадку в системі окрім дифузії між елементами відбуваються і суто хімічні процеси, які не тільки впливають на усадку і механізм масопереносу, але й змінюють структуру та фізико-механічні властивості композиту.

Ці обставини однозначно пояснюють складний характер залежності усадки і, як наслідок, механізму масопереносу при гарячому пресуванні. У зв'язку з цим зупинимося дещо детальніше на аналізі залежності швидкості відносної усадки da/dt .

Видно (рис. 2, а – крива 1), що залежність швидкості усадки для зразка 1 має суто нелінійний характер. На першій стадії гарячого пресування спостерігається як зростання, так і зменшення швидкості усадки. Фізичний зміст такого поведіння пояснюється тим, що в системі внаслідок прикладання тиску від 0 до 160 МПа на цьому інтервалі процесу усадка спочатку здійснюється із зростаючою швидкістю, а далі після стабілізації тиску швидкість усадки починає згасати. На середньому інтервалі процесу швидкість усадки продовжує зменшуватися до значень $\approx 0,002 \text{ c}^{-1}$. На заключному етапі процесу швидкість усадки на відміну від попередніх етапів змінюється несуттєво. При цьому в моменти часу 45 і 70 с на кривій швидкості усадки спостерігаються деякі сплески (слабкі піки). Ці піки вказують на зміну механізму масопереносу та структурно-фазові перетворення, які відбуваються в даній системі внаслідок дифузійних і хімічних процесів. Лише при

досить великому часі швидкість усадки набуває найменших значень і майже не змінюється. Це означає, що система на даному інтервалі перейшла до стабільного стану, тобто в системі не відбуваються структурно-фазові перетворення.

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що зміна швидкості усадки відображає процеси, які відбуваються при гарячому пресуванні зразка 1. Сплески, які спостерігаються на кривій швидкості усадки вказують на структурно-фазові перетворення та зміну механізмів масопереносу, що обумовлено взаємодією елементів. Зауважимо, що введення алмазів до складу вихідних елементів або зміна хімічного складу може змінити не тільки кінетику усадки і механізм масопереносу, а й структуру та властивості композиту. Проаналізуємо кінетику усадки при гарячому пресуванні зразків 2-4, отриманих на основі вихідної суміші 56% Fe – 20% Ni – 12% Cu – 8% Sn – 4,00% CrB₂ з різним вмістом (концентрацією) алмазів.

Усадка для зразка 2, отриманого на основі вихідної суміші, що містить 4,4 каратів алмазів (що відповідає концентрації алмазів в композиті K = 100%), має дещо більші значення від усадки для зразка 1 (рис. 1 – криві відповідно 2 і 1). На початковому етапі процесу значення усадки для цих зразків співпадають. На другому і заключному етапах процесу усадка для зразка 2 зростає більш інтенсивно. Отже, аналіз залежності усадки для зразків 1 і 2 показує, що введення алмазів до складу вихідної суміші призводить до додаткового ущільнення складових композиту (збільшення лінійної усадки) і, як наслідок, зменшення залишкової пористості, вдосконалення структури та підвищення рівня механічних властивостей композиту. Тепер, що стосується залежності швидкості усадки.

Загальний характер залежності швидкості усадки для зразків 2 і 1 помітно відрізняється. Так, зокрема, швидкість усадки для цього зразка в початкові моменти часу має дещо менші значення порівняно із зразком 1 (рис. 2, а – криві 2 і 1 відповідно). Зменшення

швидкості усадки пов'язано з тим, що в системі, яка зменшується в об'ємі (стискається) на цьому етапі, частинки алмазу рухаються повільніше, ніж дрібні частинки залізі, нікелю, міді та дибориду хрому. При цьому частинки алмазу займають значно менший об'єм, ніж порошки металів. При подальшому збільшенні тривалості гарячого пресування швидкість усадки для цих зразків починає вирівнюватися. Але при витримці під тиском більше 40 с на заключному етапі процесу на кривій швидкості усадки для зразка 2 спостерігається більша кількість слабких піків. Це можна пояснити тим, що в цій системі під дією тиску і температури частинки зерен алмазу по зовнішній

поверхні взаємодіють із вихідними елементами, тобто введення алмазів призводить до додаткової взаємодії, яка й спричиняє зміну швидкості процесу та механізму масопереносу. Внаслідок цієї взаємодії в металевій зоні навколо частинок алмазу утворюються нові фази (складні карбіди) [1]. В цьому випадку на контакті алмаз – матриця утворюються хімічні зв'язки, які як раз і призводять до вдосконалення структури з одночасним підвищенням рівня механічних властивостей. Тому отримані результати мають фундаментальне значення для з'ясування механізму поліпшення структури в КАМ та розробки технології отримання матеріалів із наперед заданими властивостями.

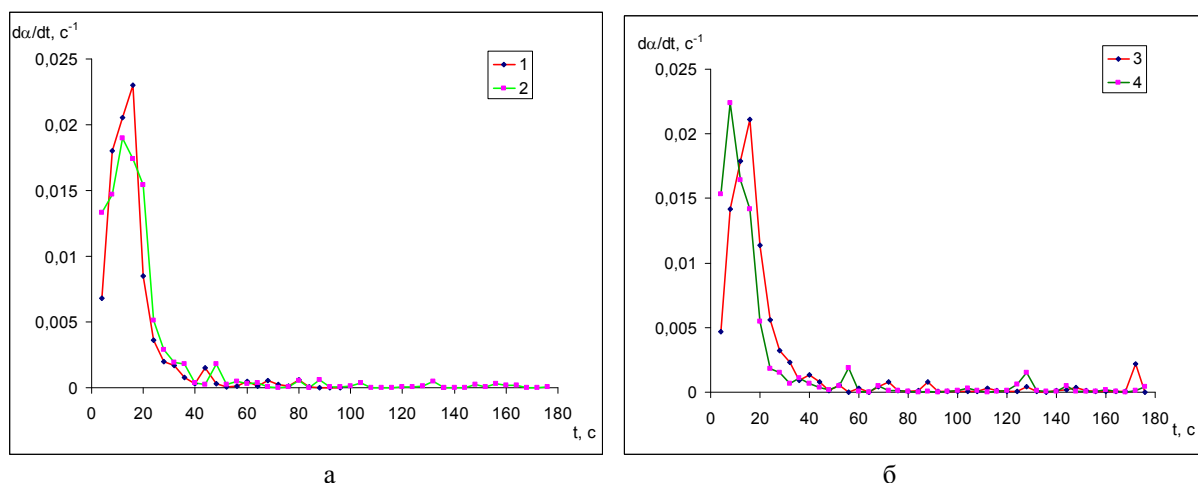


Рис. 2. Залежності швидкості відносної усадки при гарячому пресуванні зразків 1, 2 (а) і 3, 4 (б) в тих самих умовах, що й на рис. 1

На зміну механізму масопереносу при гарячому пресуванні вказують також залежності усадки і її швидкості для зразків, отриманих на основі сумішей з іншою концентрацією алмазів. Так, зокрема, при підвищенні концентрації алмазів від 100 до 125% спостерігається зменшення усадки для зразка 3 (рис. 1 – крива 3) порівняно із зразком 2 (рис. 1 – крива 2), отриманого при меншій концентрації алмазів, хоча загальний характер залежності усадки для цих зразків майже не відрізняється. Лише на кривій усадки для зразка 3 при збільшенні тривалості процесу спостерігаються ледь помітні відхилення від лінійності. Зменшення усадки при збільшенні концентрації алмазів можна пояснити тим, що алмази на відміну від порошоків залізі, нікелю, міді та дибориду хрому не мають здатності до пресування. В цьому випадку усадка зменшується, а порошоків матеріали додатково ущільнюються. При подальшому підвищенні концентрації алмазів усадка продовжує зменшуватися. Так, усадка для зразка 4, отриманого при концентрації алмазів 150%, має дещо менші значення ніж усадка для зразка 3, отриманого при концентрації алмазів 125% (рис. 1 – криві 4 і 3). Крім цього на кривій усадки на заключному етапі пресування цього зразка спостерігаються помітні відхилення від лінійності, що вказує на зміну механізму масопереносу.

Загальний характер залежностей швидкості усадки для зразків 3 і 4 відрізняється від аналогічних за-

лежностей для зразка 2 (рис. 2 – криві 3 і 4, рис. 1 – крива 2). Аналіз цих кривих показує, що значення швидкості усадки на початковому та середньому етапах процесу змінюються несуттєво. Проте при збільшенні тривалості гарячого пресування на кривих швидкості усадки для зразків 3 і 4 спостерігається більша кількість піків. Це пов'язано із тим, що при зростанні концентрації алмазів об'єм нових фаз (складних карбідів, що утворюються в прошарку навколо частинок алмазу) зростає, що і спричиняє зміну усадки, механізму масопереносу, структури та властивостей цих зразків. Цей факт також пов'язаний зі зміною коефіцієнтів дифузії твердих елементів (частинок заліза, нікелю, міді, а можливо і бору) в рідкій фазі. При збільшенні концентрації алмазів також зростає вірогідність проковзування частинок твердої фази по поверхні алмазу, що впливає деяким чином на кінетику спікання і механізми масопереносу. Тому такі дослідження є цікавими для з'ясування багатьох питань, вирішення яких може призвести до створення КАМ із наперед заданими властивостями.

Висновки

Виконано аналіз кінетики усадки в алмазовмісних системах з твердими та рідкими фазами в умовах гарячого пресування, які підлягали попередньому спіканню в звичайній муфельній печі.

Показано, що введення алмазів до порошкової суміші суттєво впливає на кінетику процесів, які відбуваються, та механізми масопереносу.

Встановлено, що практичну цінність для створення КАМ даної системи та інструментів на їх основі, які працюють в екстремальних умовах, представляє склад вихідної суміші з концентрацією алмазів в діапазоні 100-125%.

Доведено, що піки, які спостерігаються на залежностях швидкості усадки, свідчать про структурно-фазові перетворення та зміну механізмів масопереносу при гарячому пресуванні досліджуваних зразків.

Отримані результати можуть бути корисними при дослідженні механізмів поліпшення структури, а також для прогнозування фізико-механічних властивостей КАМ при гарячому пресуванні.

Список літератури

1. Бондаренко Н.А., Жуковский А.Н., Мечник В.А. Основы создания алмазосодержащих композиционных материалов для породоразрушающих инструментов / Под ред. Н.В. Новикова. – К.: Ин-т сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – 456 с.
2. Физико-математическое моделирование процессов спекания многокомпонентных алмазосодержащих

композиций. 2. Физико-химические особенности формирования структуры и свойств / Новиков Н.В., Бондаренко Н.А., Кулик О.Г., Мечник В.А. и др. // Физическая мезомеханика. – 2004. – Т. 7, № 3. – С. 79-87.

3. Физико-математическое моделирование процессов спекания многокомпонентных алмазосодержащих композиций. 1. Математическая модель / Новиков Н.В., Бондаренко Н.А., Мечник В.А. и др. // Физическая мезомеханика. – 2004. – Т. 7, № 3. – С. 71-77.

4. Савицкий А.П. Жидкофазное спекание систем с взаимодействующими компонентами / Савицкий А.П. – Новосибирск: Наука, 1991. – 184 с.

5. Хансен К., Андерко М. Структура двойных сплавов. В 2 т. / Под ред. И.Л. Рогельберга. – М.: Цветная металлургия, 1962. – Т. 2. – 622 с.

6. Образование твердых растворов металлов при пластическом течении под высоким давлением / Жорин В.А., Макарова И.Ф., Ген М.Я., Ениколопан Н.С. // ДАН. – 1981. – Т. 261, № 2. – С. 405-408.

7. Kingery W.D. Densification during sintering in the presence of a liquid phase // J. Appl. Phys. – 1959. – 30. № 3. – P. 301-307.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.В. Соболевим 15.09.09

УДК 534.15:62.755

О.В. Коваленко, Г.Б. Філімоніхін

ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗРІВНОВАЖЕННЯ КУЛЬОВИМИ АВТОБАЛАНСИРАМИ ДИСКІВ РУЧНИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ МАШИН

За допомогою комп'ютерного моделювання в середовищі SolidWorks з використанням модуля CosmosMotion визначено вплив параметрів системи на процес зрівноваження кульовими автобалансирами дисків ручних шліфувальних машин.

С помощью компьютерного моделирования в среде SolidWorks с использованием модуля CosmosMotion определено влияние параметров системы на процесс уравнивания шаровыми автобалансирами дисков ручных шлифовальных машин.

By a computer design in the environment of Solidworks with the use of the module of CosmosMotion influence of parameters of the system is certain on the process of balancing disks of hand polishing machines autobalancing.

Вступ. Під час роботи ручної шліфувальної машини (далі РШМ) виникає додаткове збільшення вібрації через установлення нового диска з похибкою, через його нерівномірне зношування під час виконання технологічної операції, а також при застосуванні неякісних дисків. Для усунення цих вібрацій використовуються пасивні автобалансири (далі АБ).

У роботах [1, 2] вивчалась можливість використання середовища SolidWorks та модуля CosmosMotion для числового моделювання процесу зрівноваження роторів АБ при різному типі встановлення роторів на опори.

У роботі [3] було запропоновано для зрівноваження дисків РШМ використовувати АБ з нерухомими й рухомими перегородками, оцінювалися різні способи встановлення АБ у РШМ, розроблена методика перевірки якості встановлення АБ на РШМ та розроблені алгоритми розрахунку параметрів як звичайних, так і запропонованих АБ.

У роботі [4] експериментально досліджувався процес зрівноваження АБ дисків РШМ на холостому ході машини. Були встановлені переваги у роботі АБ з рухомими й нерухомими перегородками над звичайними АБ.

Експериментально досліджено у роботі [5] ефективність застосування різних типів кульових АБ для зменшення вібрацій РШМ при різних режимах роботи РШМ. Встановлені два основних джерела вібрацій – від дисбалансу диска і від дисбалансу яко-ря електродвигуна. Досліджено механізм зменшення цих складових вібрацій пристроями.

Але частина дослідів не була зроблена через складність проведення великої кількості вимірів при здійсненні натурних експериментів.

У даній роботі досліджується вплив параметрів системи на процес автобалансування за допомогою комп'ютерного моделювання в програмному середовищі SolidWorks 2007 із застосуванням модуля

CosmosMotion. Ці дослідження є альтернативою натурних експериментів.

1. Опис моделі та її елементів. Для проведення обчислювальних експериментів була створена тривимірна модель (рис. 1), яка наближена до реального стенда, створеного для експериментального дослідження процесу автобалансування РШМ великої потужності фірми Expert модель 230 [4].

Елементи моделі наведено на рис. 2. Модель складається з таких елементів: корпус АБ та диск, насаджені на вал (рис. 2, а – вид збоку, б – спереду); корпус РШМ (рис. 2, в); станина (рис. 2, г); куля, ролик (рис. 2, д); рухома перегородка (рис. 2, е).

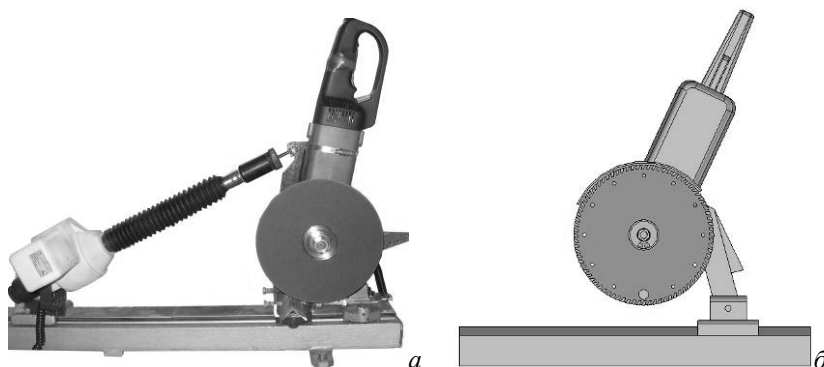


Рис. 1. Стенд РШМ Expert 230: а – фото; б – тривимірна модель

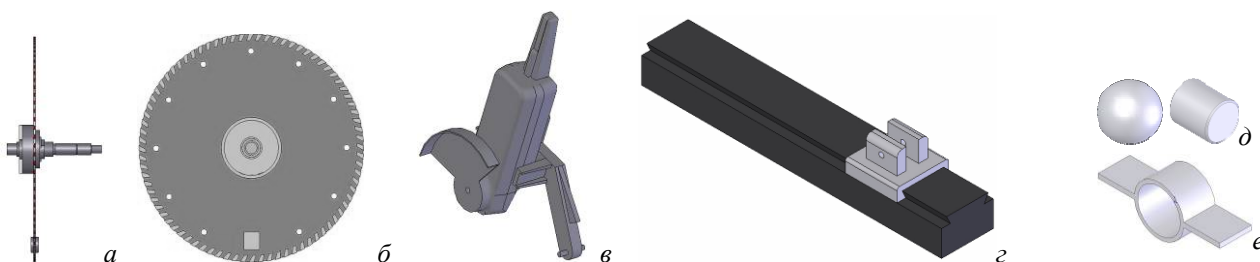


Рис. 2. Елементи моделі: а – корпус АБ, диск з додатковим дисбалансом, насаджені на вал, вид збоку, б – вид спереду; в – корпус РШМ на кулісі; г – станина; д – куля, ролик; е – рухома перегородка

Диск з додатковим дисбалансом, корпус АБ та вал (надалі просто вал з деталями) для спрощення моделювання виготовлені як одне ціле. Таким чином виконаний і корпус РШМ із кулісою (надалі – корпус РШМ). Це не впливає на якість моделювання, бо у РШМ ці елементи жорстко з'єднані.

2. Обробка складання модулем Cosmos Motion і тестування моделі. Її обробка та налаштування. Перед початком моделювання складання було оброблене модулем Cosmos Motion у такій послідовності.

Спочатку були визначені рухомі та нерухомі частини моделі. До нерухомих віднесена станина, а все інше до рухомих.

Потім корпус РШМ був встановлений у станину зв'язком “revolute joint”, після чого були додані в'язко-пружні сили демпфером і пружиною з такими параметрами, які у сукупності імітують в'язко-пружну опору стенда (рис. 3, табл. 1).

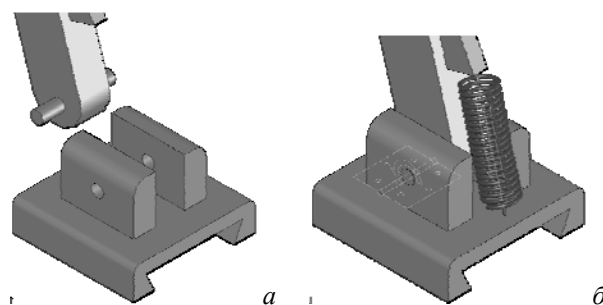


Рис. 3. Встановлення корпусу РШМ на станину: а – геометричне з'єднання; б – додавання сил

Потім з використанням зв'язку “revolute joint” та “bushing” встановлювався вал з деталями у корпус РШМ (рис. 4). Правильність встановлення вала з деталями перевіряється тим, що під дією дисбалансу диск повинен провертатися так, щоб дисбаланс після

декількох коливань опинився знизу (рис. 4, б). До корпусу АБ встановлюються кулі (чи ролики) (рис. 5). За допомогою зв'язку "Fixed" фіксується прозора кришка на корпусі АБ. За допомогою інструмента "Contact3D" рух куль обмежується стінками АБ і кришкою та виключається можливість проходження куль одна скрізь одну.

Таблиця 1
Межі зміни параметрів системи, крок зміни та оптимальне значення

Параметр	Значення		Межі зміни	Крок зміни	Оптимальне значення в моделі
	на стенді	за замовчуванням			
$h, H\cdot c/m$	–	0,96	0,005–2,3	0,001	0,96
$m, кг$	0,003	0,003	0,001–0,02	0,001	0,003
$\omega, об/хв$	6000	6000	1500–12000	1500	6000
$H, H\cdot c/m$	–	2000	100–20000	1000	8000
$c, H/m$	–	25000	1000–100000	5000	30000
$\mu, H\cdot m\cdot c/рад$	–	1×10^{-5}	1×10^{-4} – 1×10^{-7}	0,001	1×10^{-5}

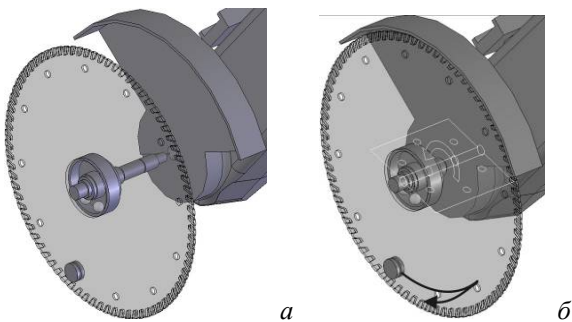


Рис. 4. Встановлення вала з деталями у корпус РШМ: а – геометричне з'єднання; б – перевірка

В'язкі сили опору, що перешкоджають відносному рухові куль, моделюються для кожної кулі чотирма демпферами. Початкова величина демпфірування для куль підбирається так, щоб кулі під дією сил ваги після декількох коливань скачувалися у нижню частину корпусу АБ (рис. 5, а).

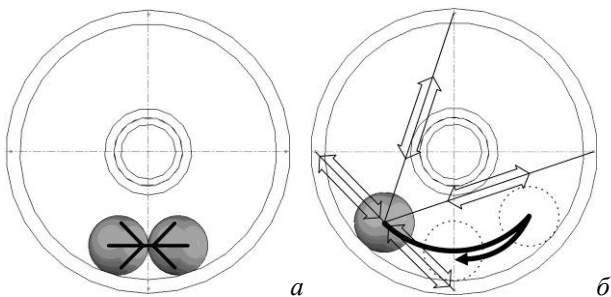


Рис. 5. Встановлення куль у корпус АБ: а – встановлений тривимірний контакт двох куль; б – з'єднання кулі з 4 демпферами

Далі був заданий трапецеїдальний закон зміни кутової швидкості обертання диска РШМ за допомогою зв'язку "Motion" (рис. 6), де: $T_{розг}$ – час розгону; $T_{роб}$ – час крейсерського руху; $T_{зупин}$ – час зупинки; $T_{заг}$ – загальний час роботи РШМ; ω_n – номінальна частота обертання диска РШМ.

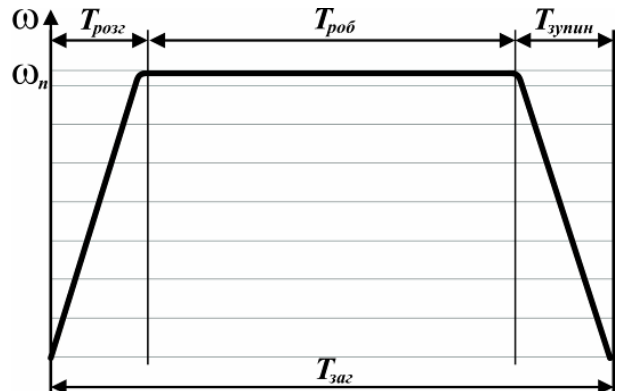


Рис. 6. Закон зміни швидкості обертання вала РШМ

Тестування моделі. Всі тести виконувалися на неробочому ході РШМ при номінальній частоті обертання 6000 об/хв із часом розгону та зупинки $T_{розг} = T_{зупин} = 2$ с.

При відсутності дисбалансу диска перевірялась працездатність моделі шляхом запуску диска із різною кількістю однакових куль. При двох кулях – з часом вони вибудовуються по прямій лінії (рис. 7, а), при трьох кулях – утворюють правильний трикутник і при чотирьох – прямокутник (рис. 7, б, в). Це відповідає загальній теорії кульових АБ.

Наявність дисбалансу вносить зміну у відносне розташування куль (рис. 8). Тільки у випадку двох куль (рис. 8, а) вони займають відносно диска одне і тільки одне відповідне положення навпроти дисбалансу.

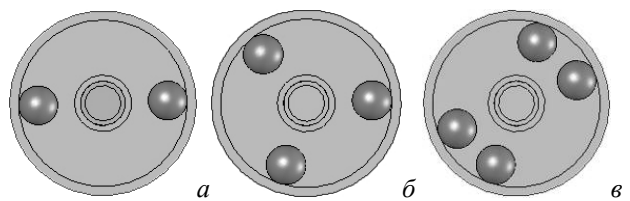


Рис. 7. Перевірка роботи АБ на неробочому ході РШМ при відсутності дисбалансу

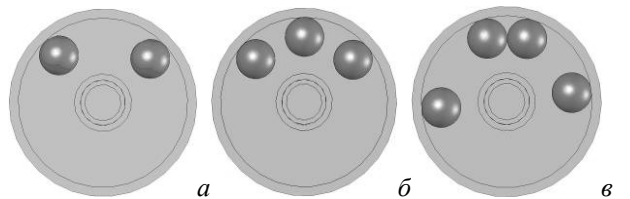


Рис. 8. Перевірка роботи АБ на неробочому ході РШМ при наявності дисбалансу (дисбаланс знаходиться знизу)

Налагоджування моделі та її тестування забезпечують вірогідність результатів подальшого моделювання.

3. Завдання досліджень. Були виділені параметри, які істотно впливають на процес автобалансування та встановлені межі їх зміни (табл. 1).

У табл. 1: h , Н·с/м – коефіцієнт сили в'язкого опору руху кулі; m , кг – маса кулі; ω , об/хв – частота обертання диска РШМ; H , Н·с/м – коефіцієнт сили в'язкого опору опори РШМ; c , Н/м – коефіцієнт жорсткості опори РШМ; μ , Н·м·с/рад – коефіцієнт опору обертанню втулки АБ.

Завданнями досліджень є визначення впливу різних параметрів системи на швидкість настання автобалансування та порівняння роботи різних типів АБ.

Настання автобалансування перевіряється за положенням куль відносно дисбалансу (рис. 9) та графіком навантаження опор (рис. 10).

Перший спосіб ґрунтується на тому, що на неробочому ході вимірюються кути між кулею і дисбалансом (рис. 9). Коли цей кут стає сталим і кулі вибудовуються навпроти дисбалансу, то настає автобалансування. На рис. 9 умовно показані етапи настання автобалансування: I – розгін куль; II – прихід куль в необхідне положення; III – автобалансування з рухом куль біля положення рівноваги, обумовлене коливаннями в опорах; IV – повне автобалансування, коливання в опорах відсутні.

Також даний спосіб дозволяє візуально визначити час настання автобалансування.

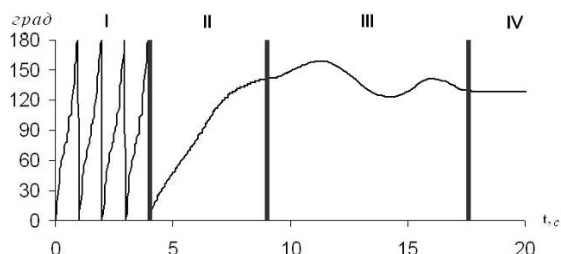


Рис. 9. Етапи настання автобалансування

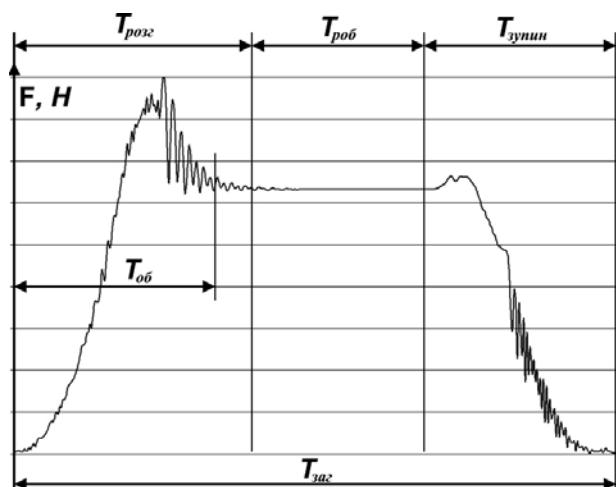


Рис. 10. Критерії визначення часу настання автобалансування за навантаженням на вал

Другий спосіб ґрунтується на визначенні часу автобалансування за графіком навантаження підшипника, що тримає вал. Ми не можемо це спостерігати візуально, проте можемо визначити цей час за допомогою графіка реакцій (рис. 10).

4. Результати моделювання для звичайного кульового АБ. Вплив внутрішнього тертя на швидкість настання автобалансування. Відповідно до табл. 1 змінювався параметр h при незмінних решті параметрів. Результати числового моделювання наведено на рис. 11. Було встановлено таке.

При відсутності сил гравітації (диск із вертикальною віссю обертання) встановлено, що балансуються навіть при малих значеннях сил опору $h = 0,005-0,245$ Н·с/м (рис. 11, секція I), в той час як при наявності сил гравітації (диск із горизонтальною віссю обертання) розгін куль і автобалансування не відбуваються. При оптимальному значенні $h = 0,96$ Н·с/м балансуються через 0,42 с в обох випадках (рис. 11, секція II), навіть під час розгону диску.

При збільшенні сил опору від $h = 1,085$ до $h = 1,685$ Н·с/м час приходу куль в необхідне положення збільшується через їх малу рухливість (рис. 11, секції III, IV), при відсутності сил гравітації приход куль в необхідне положення проходить дещо швидше.

Вплив маси кулі на автобалансування. Змінюється маса кулі m при тих же параметрах моделі і значенні коефіцієнта опору куль $h = 0,96$ Н·с/м (рис. 12). При значеннях маси кулі в межах $m = 0,001-0,002$ кг розгін куль відбувається повільно. Оптимальними масами кулі є $m = 0,003$ кг, $m = 0,008$ кг та більше. Це свідчить про те, що маса кулі 0,003 кг, прийнята в роботах [6, 7], є оптимальною.

Вплив частоти обертання диска на автобалансування. Як видно з графіка (рис. 13) на малій швидкості обертання диска (секція I) автобалансування проходить повільно.

Далі із збільшенням швидкості обертання диску (секція II) спостерігається зростання швидкості настання автобалансування.

На швидкості обертання $\omega = 6000$ об/хв, що відповідає номінальній частоті обертання ручної шліфувальної машини, спостерігається невеликий мінімум.

Подальше збільшення швидкості обертання диска майже не змінює швидкість настання автобалансування.

Вплив сил опору опор на автобалансування. Як видно з рис. 14, при значеннях сил опору до $H = 1000$ Н·с/м коливання корпусу РШМ затухають дуже повільно (секція I), з поступовим збільшенням сил опору до $H = 8000$ Н·с/м спостерігається найшвидше балансуються і затухання коливань в опорах (секція II), при значеннях більших за $H = 8000$ Н·с/м відбувається поступове збільшення часу настання балансуються (секція III), що пояснюється малою рухливістю корпусу РШМ.

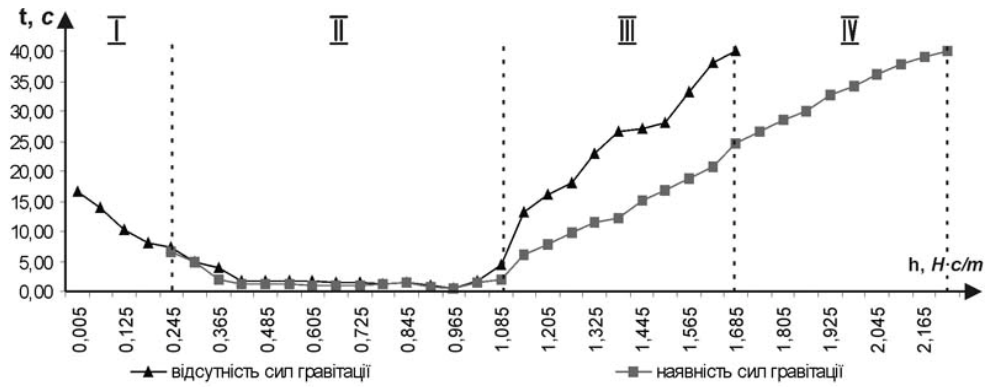


Рис. 11. Залежність швидкості настання автобалансування від коефіцієнта сили в'язкого опору руху кулі

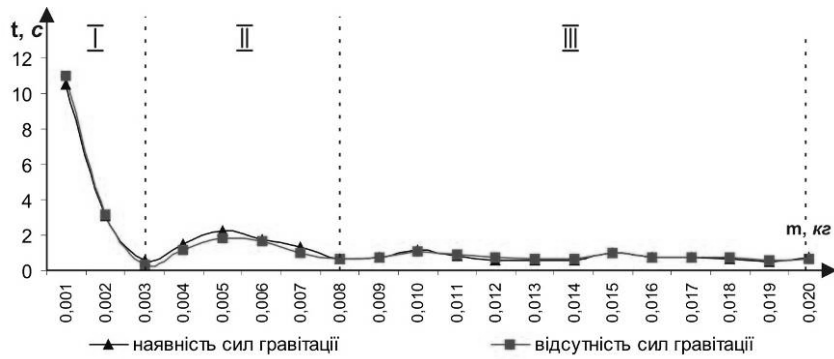


Рис. 12. Залежність швидкості настання автобалансування від маси кулі

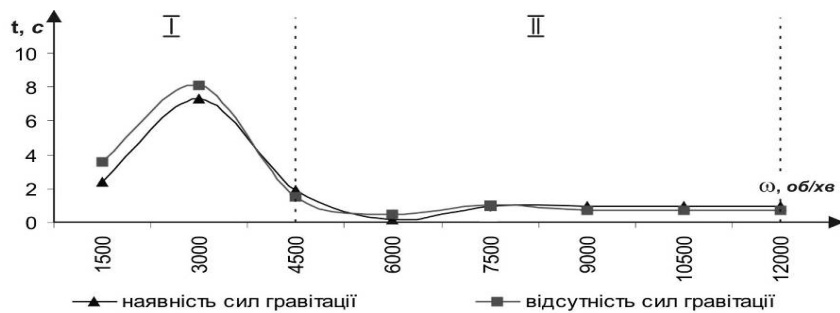


Рис. 13. Залежність швидкості настання автобалансування від частоти обертання диска

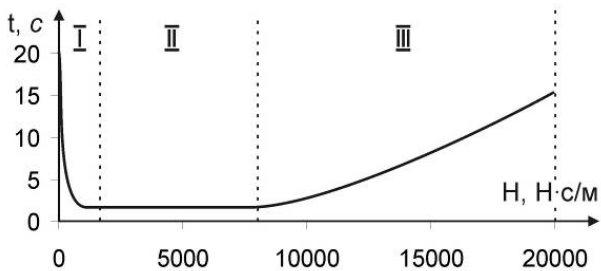


Рис. 14. Залежність швидкості настання автобалансування від сил опору опор

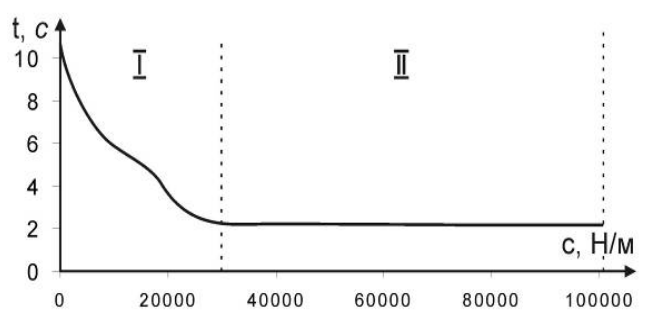


Рис. 15. Залежність швидкості настання автобалансування від коефіцієнта жорсткості опор

Вплив коефіцієнта жорсткості опор на швидкість настання автобалансування. Як видно з (рис. 15), із збільшенням коефіцієнта жорсткості опор від майже $c = 0$ до 30000 Н/м спостерігається

зростання швидкості настання балансування (секція I).

Подальше збільшення жорсткості опор цю швидкість майже не змінює (секція II).

5. Результати моделювання для АБ з нерухомими та рухомими перегородками. Вплив внутрішнього тертя на швидкість настання автобалансування в АБ з нерухомими та рухомими перегородками. Для моделювання АБ з рухомими та нерухомими перегородками була створена втулка [3] (рис. 2, е). Втулка встановлюється в корпус АБ за допомогою зв'язку "Revolute" і має одну відносну ступінь вільності. Якщо втулка фіксується за допомогою зв'язку "Fixed", то вона створює нерухомі перегородки. Моделювання показало, що перегородки забезпечують майже синхронний розгін куль з диском, автобалансування настає приблизно через 0,2-

0,4 с, незважаючи на те, що триває процес розгону диска ($T_{розг} = 2$ с). Як видно з (рис. 16), розгін куль і автобалансування відбуваються при малих силах опору руху куль бігової доріжки в межах $h = 0,005-0,245$ Н·с/м, на що не здатний звичайний АБ.

Переваги у роботі АБ з перегородками. Перегородки забезпечують симетричне розташування куль щодо диска під час його розгону чи гальмування (рис. 17), завдяки чому кулі не вносять на цих режимах додатковий дисбаланс до системи.

При використанні АБ з рухомими перегородками автобалансування настає за 0,3-0,4 с, а з нерухомими – за 0,2-0,3 с (рис. 16).



Рис. 16. Порівняння швидкості настання автобалансування різних типів АБ

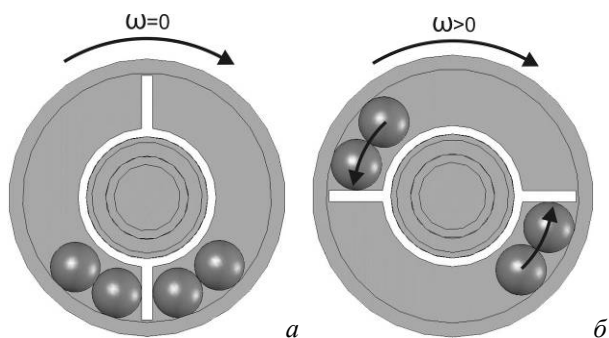


Рис. 17. Дія втулки на кулі: а – диск – нерухомий; б – під час розгону диска

Висновки. Комп'ютерне моделювання дозволило виявити такий вплив параметрів системи і розташування ротора у просторі на процес автобалансування:

1) У випадку звичайного кульового АБ виявлений істотний вплив на процес настання автобалансування зазначених факторів, а саме:

– при вертикальному розташуванні вала РШМ автобалансування настає при всіх значеннях параметрів системи, що змінюються у зазначених у табл. 1 межах, а при горизонтальному – малі сили опору руху куль не забезпечують розгін куль і, як наслідок – автобалансування;

– оптимізація вибору параметрів системи можлива для коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього опо-

ру, за масою куль (на відповідних графіках швидкості настання автобалансування існує мінімум), в той час, як збільшення частоти обертання вала чи жорсткості опори, призводить до зміни швидкості настання автобалансування тільки до певних граничних значень цих параметрів.

2) У випадку АБ з рухомими і нерухомими перегородками автобалансування настає майже однаково швидко при всіх параметрах системи, вказаних у табл. 1, незалежно від розташування ротора у просторі та перехідних процесів.

3) Найбільшу швидкість настання автобалансування забезпечує АБ з нерухомими перегородками, дещо меншу – АБ із рухомими перегородками і найменшу – звичайний кульовий АБ. Проблеми при виборі параметрів системи і задача їх оптимізації виникають тільки у випадку звичайного АБ.

Список літератури

1. Філімоніхін Г.Б. Дослідження процесу зрівноваження ротора двомаятниковим автобалансином із застосуванням програми SolidWorks і модуля Motion / Філімоніхін Г.Б., Коваленко О.В. // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приборобудуванні. – 2006. – Вип № 40. – С. 254-261.
2. Філімоніхін Г.Б. Моделювання процесу зрівноваження ротора з нерухомою точкою двохмаятниковим

автобалансиром із застосуванням програми SolidWorks і модуля Motion / Філімоніхін Г.Б., Коваленко О.В. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2006. – Вип. № 36. – С. 19-28.

3. Філімоніхін Г.Б. Розрахунок параметрів автобалансира для зрівноваження дисків ручних шліфувальних машин / Філімоніхін Г.Б., Коваленко О.В. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2007. – Вип. № 37. – С. 244-252.

4. Філімоніхін Г.Б. Експериментальне дослідження процесу зрівноваження автобалансирами дисків ручних шліфувальних машин / Філімоніхін Г.Б., Коваленко О.В. // Вібрації у техніці та технологіях. – 2007. – № 3 (48). – С. 118-123.

5. Коваленко О.В. Експериментальне дослідження ефективності застосування кульових автобалансира для зменшення вібрацій ручних шліфувальних ма-

шин / Коваленко О.В., Філімоніхін Г.Б. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2008. – Вип. № 38. – С. 154-161.

6. Пат. 26788 України, МПК G01M 1/38 Автобалансируючий пристрій для зрівноваження роторів із похилою віссю обертання / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В., Коваленко О.В.; заявник та патентовласник Кіровоградський нац. техн. ун-т. – №200704757; заявл. 27.04.2007; опубл. 10.10.2007. Бюл. №16.

7. Пат. 35261 України, МПК G01M 1/100 Автобалансируючий пристрій для зрівноваження роторів із похилою віссю обертання / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В., Коваленко О.В.; заявник та патентовласник Кіровоградський нац. техн. ун-т. – №200804424; заявл. 07.04.2008; опубл. 10.09.2008. Бюл. №17.

Рекомендовано до публікації д.т.н. І.І. Павленком 03.07.09

УДК 622.235.43

Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, В.В. Соболев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЭМУЛЬСИЙ ПРИ ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ И В ПРОЦЕССЕ ГАЗОГЕНЕРАЦИИ

Визначено фізико-хімічні параметри стабільності емульсій, що забезпечують їх безпечно збереження протягом технологічного циклу приготування.

Определены физико-химические параметры стабильности эмульсий, обеспечивающие их безопасное хранение в течение технологического цикла приготовления.

Physical and chemical parameters of the emulsions stability, providing their safety storage during a process of preparation.

Эмульсия является сложной многокомпонентной физико-химической системой, которую можно рассматривать как базовую структурную единицу эмульсионных ВВ. Введением различных химических веществ в качестве добавок либо изменением соотношения входящих в эмульсию компонентов можно добиться таких характеристик, которые будут соответствовать тем или иным условиям применения, технологическим параметрам, требованиям безопасности и охраны труда. Таким образом, технические и взрывчатые характеристики эмульсионных ВВ, технологическая эффективность их применения и максимально возможное снижение риска возникновения аварийных ситуаций при изготовлении, транспортировании, зарядании скважин и в случае отказов имеют прямую зависимость от стабильности параметров эмульсий.

Цель работы – определить плотность (в зависимости от рецептурного состава), температуры фазовых и химических превращений эмульсионных матриц, окислительной фазы, горючего; установить параметры стабильности эмульсий, обеспечивающие безопасное хранение в течение технологического процесса приготовления.

Материалы, приборы и методики исследования. Дифференциальный термический анализ (ДТА) проводился для всех разработанных рецептур эмульсий, предназначенных для изготовления патронированных и наливных ЭВВ. Исследования проводились с применением дифференциального термоанализатора ДТА L81 немецкой фирмы LINSEIS и дифференциального гравиметрического термоанализатора Diamond TG/DTA компании Perkin Elmer (США). Определение плотности вещества осуществлялось с использованием устройства для измерения удельного веса на базе аналитических весов АХ-200 с приставкой SMK. Термографический и термогравиметрический анализы, определение плотности, удельного веса взрывчатых веществ и эмульсионных матриц производились в соответствии с методиками, которые описаны в работах [1-5].

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 показаны результаты термического анализа одиннадца-

ти эмульсий различного состава; в табл. 2 и 3 – соответственно растворов окислительной и горючей фаз.

Эмульсии для наливных эмульсионных ВВ (ЭВВ) получали путем диспергирования окислительной фазы (ОФ) (тип 1) в горючей фазе (ГФ) на основе промышленных масел (тип 1). ОФ типа 1 представляла собой однородный раствор смеси аммиачной и кальциевой селитры в соотношении 1,6:1 (массовых долей) с добавкой технологических регуляторов – тиомочевины и уксусной кислоты в количестве 1,2%. ГФ тип 1 представляла собой раствор эмульгатора на основе продукта PIBSA и промышленного масла марки «И» в соотношении 4:1 массовых долей, а в ГФ тип 2 вместо промышленного масла использовали дизельное топливо. Эмульсии для патронированных ЭВВ получали путем диспергирования ОФ типа 2 и типа 3 в ГФ на основе твердых нефтепродуктов (тип 3 и тип 4). В этом случае ОФ тип 2 представляла собой однородный раствор смеси аммиачной и кальциевой селитры в соотношении 1,3:1, а ОФ типа 3 представляла собой однородный раствор аммиачной и натриевой селитры в соотношении 4:1. ОФ типа 2 и типа 3 содержала технологические добавки – тиомочевину и уксусную кислоту в количестве до 1,2%. ГФ типа 3 представляла собой смесь эмульгатора на основе продукта PIBSA с содержанием активного вещества не менее 60% и парафиновых углеводородов в соотношении 4:1. Для ГФ типа 4 это соотношение было взято как 2,5:1.

Термические эффекты, отмеченные в экспериментах, свидетельствуют о химических изменениях и фазовых превращениях, сопровождающихся поглощением или выделением тепла. Термические эффекты, соответствующие процессам, связанным с поглощением тепла, или эндотермические процессы обозначены знаком минус (-), а процессы с выделением тепла – экзотермические – обозначены знаком плюс (+). Как видно из данных анализа, эмульсии являются термоактивными веществами в диапазоне температур от 30 до 300⁰С, а у некоторых из них в процессе нагревания происходит несколько превращений. Эндотермические эффекты, наблюдаемые в эмульсиях, являются результатом фазовых превра-

щений испарения, возгонки, химических реакций, связанных с обменными процессами или реакциями присоединения, полиморфных превращений, кристаллизации, разрушения с выделением или без выделения газообразной фазы и др. Эндотермические эффекты, обусловленные полиморфными превращениями, имеют небольшие площади и амплитуды пиков и часто ассиметричны. Экзотермические эффекты могут быть обусловлены переходом неравновесных форм в равновесные, раскристаллизацией коллоидов, реакциями разложения, окислением. Растянutosть, пологая форма и ассиметричность экзотермического эффекта свидетельствует о медленном, постепенном процессе, зависящем главным образом от окислительной способности окружающей среды. Такой эффект, как правило, обусловлен процессами окисления и выгорания.

Значение температур первых пиков изменения дифференциальной температуры в исследуемых эмульсиях указывает на физические процессы, связанные с испарением летучих компонентов. Такими компонентами в образце 2 является дизельное топливо в горючей фазе, испарение которого с эндотермическим эффектом происходит при температуре от 78 °С. Эндотермические процессы в диапазоне температур от 115 до 138 °С для других образцов обусловлены, по всей видимости, испарением воды из эмульсионной структуры. Причем, наибольшей физической стабильностью в этом диапазоне темпера-

тур отличаются эмульсии, содержащие твердые нефтепродукты в ГФ и повышенное содержание эмульгатора (образцы 4 и 5).

Эндотермические процессы в образцах 1, 3, 4, 5 в диапазоне температур от 216 до 280 °С, очевидно, связаны с конкурирующими процессами плавления аммиачной селитры и разрушением кристаллогидратов (обезвоживания) кальциевой селитры. Это подтверждают и данные, полученные для ОФ типа 1 и типа 3 при дифференциальном термическом анализе (табл. 2). Также отмечается и двустадийный процесс экзотермического разложения аммиачной селитры для ОФ типа 3, где ее содержание составляет (70%). Экзотермы для образцов 2 и 5, отмеченные в температурном диапазоне от 215 до 222 °С, вызваны процессами разложения аммиачной селитры. В образце 2 это связано с малым остаточным содержанием флегматизирующих компонентов (после испарения дизельного топлива), а для образца 5 это связано с наибольшим содержанием в нем аммиачной селитры. Наибольший экзотермический эффект для исследованных образцов отмечается в температурном диапазоне от 254,3 °С (образец 2) до 308,8 °С (образец 4). Этот эффект связан с воспламенением образцов и их полным сгоранием. При этом наибольшая теплоустойчивость для образца 4 достигается с одной стороны теплоустойчивостью окислительной фазы (тип 2), а с другой теплоустойчивостью горючей фазы (тип 4), табл. 3.

Таблица 1

Дифференциальный термический анализ некоторых марок эмульсий

№	Наименование компонента	Максимальная температура термического эффекта (°С), (пик)			
		1	2	3	4
Эмульсии для наливных ЭВВ					
1	ОФ тип 1 – 93%, ГФ тип 1 – 7%	127,4 (-)	272,5 (-)	285,8 (+)	
2	ОФ тип 1 – 93%, ГФ тип 2 – 7%	78,6 (-)	115,8 (-)	222,9 (+)	254,3 (+)
Эмульсии для патронированных ЭВВ					
3	ОФ тип 2 – 92%, ГФ тип 3 – 8%	126,7 (-)	216,4 (-)	260,8 (-)	280,8 (+)
4	ОФ тип 2 – 92%, ГФ тип 4 – 8%	130,7 (-)	228,8 (-)	280,1 (-)	308,8 (+)
5	ОФ тип 3 – 93%, ГФ тип 4 – 7%	138,2 (-)	215,8 (+)	265,3 (-)	290,6 (+)

Таблица 2

Дифференциальный термический анализ окислительной фазы

Окислительная фаза	Максимальная температура термического эффекта, °С		
	1	2	3
ОФ тип 1	41 (-)	213 (-)	298 (+)
ОФ тип 3	61 (-)	218 (+)	280 (+)

Таблица 3

Дифференциальный термический анализ горючей фазы

Горючая фаза	Максимальная температура термического эффекта, °С	
	1	2
ГФ тип 1	99 (-)	316 (+)
ГФ тип 2	64 (-)	271 (+)
ГФ тип 3	78 (-)	322 (+)
ГФ тип 4	72 (-)	318 (+)

Для определения параметров стабильности эмульсий в процессе газогенерации исследовались

два варианта составов эмульсий – **вариант 1**: для образца 1 (табл. 1) с содержанием ОФ типа 1 – 93% и

ГФ типа 1 – 7% при содержании уксусной кислоты (9% раствор) – 0,27% и **вариант 2:** для образца 1 (табл. 1), в котором содержание уксусной кислоты (9% раствор) составляло 0,55%.

Результаты исследования изменения плотности и стабильности эмульсий в процессе газогенерации с использованием образца 1 по вариантам 1 и 2 представлены, соответственно, на рис. 1 и 2. Газогенерация проводилась путем добавления 20% раствора нитрита натрия в эмульсию.

Метод термической обработки включает нагрев и охлаждение, при этом происходят структурные и фазовые превращения, ускоряются процессы старения вещества. На основании полученных данных осуществляется прогноз стабильности веществ при хранении в течение сравнительно коротких сроков. Для испытаний отбирались эмульсии, состав кото-

рых приведен в табл. 1. Исследования проводились по методике оценки стабильности при температурном (термическом) циклировании ВМ, разработанной специалистами НИИ ВЭМ и внедренной на ГП «НПО «Павлоградский химический завод»». Циклическое изменение температур включает следующие этапы: образец эмульсии замораживается до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдерживается при этой температуре в течение 24 ч; затем после замораживания этот образец в течение следующих 24 ч выдерживают при температуре $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. В соответствии с требованиями число циклов должно соответствовать восьми для подтверждения физической стабильности в течение 12 месяцев естественных условий хранения. Все образцы по рецептурам табл. 1 выдержали 8 циклов температурного знакопеременного испытания.

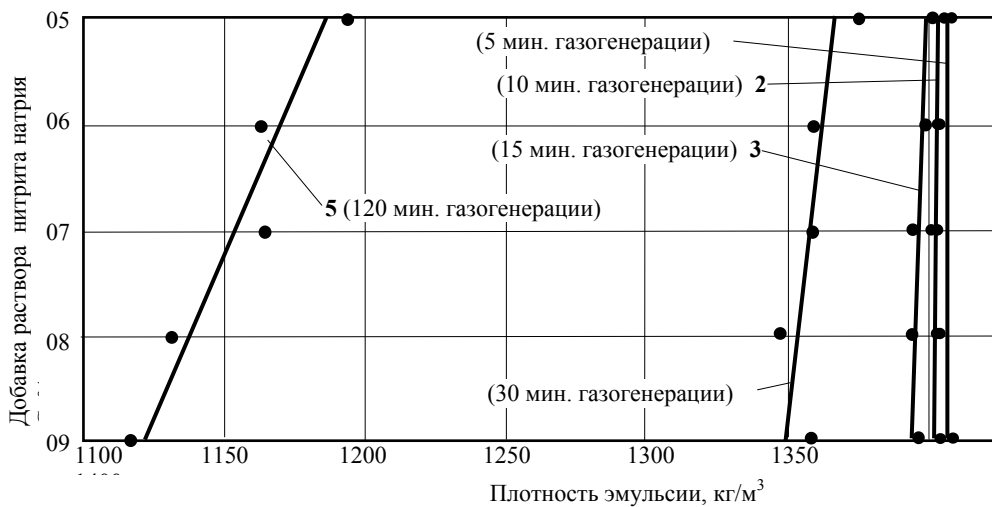


Рис. 1. Зависимость изменения плотности эмульсии образца 1 по варианту 1 от количества нитрита натрия

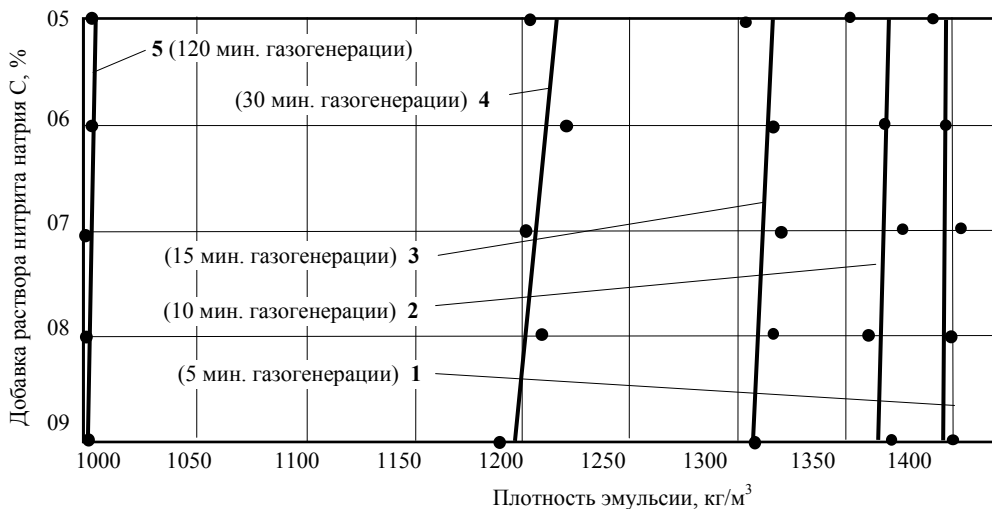


Рис. 2. Зависимость изменения плотности эмульсии образца 1 по варианту 2 от количества нитрита натрия

Плотность, как важнейшая физическая характеристика энергоемких веществ, во многом определяет эффективность, детонационную способ-

ность, чувствительность к внешним воздействиям, склонность к передаче детонации и переходу горения в детонацию для ЭВВ и полуфабрикатов

ЭВВ [6-8]. Плотность используется при расчетах скорости детонации, энергии взрыва, скорости горения, критического диаметра и параметров воздействия взрыва на окружающую среду [9-11]. На рис. 3 показана зависимость изменения плотно-

сти эмульсий образца 1 по таблице 1, содержащих различные марки промышленных масел и эмульгаторов от продолжительности протекания реакций газогенерации после добавления 0,8% раствора нитрита натрия.

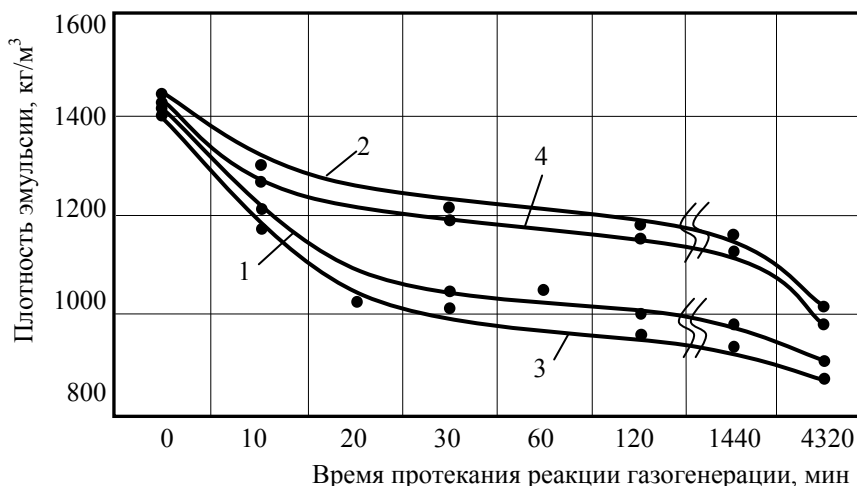


Рис. 3. Зависимость плотности эмульсии от времени протекания реакции газогенерации при содержании различных марок промышленного масла и эмульгатора: 1 – (И-5+PIBSA); 2 – (И-5+PIBSA+SМО); 3 – (И-20+PIBSA); 4 – (И-20+PIBSA+SМО)

В начале процесса газогенерации плотность эмульсий превышает 1400 кг/м³. В течение первых 10 мин плотность быстро уменьшается, происходит «созревание» эмульсии и превращение ее в ЭВВ [8]. При этом для каждой рецептуры эмульсий устанавливаются свои заметно отличающиеся друг от друга значения. От момента «созревания» эмульсии, в течение 24 ч, изменение величины плотности не превышает 5-8%, что указывает на высокую степень ее устойчивости и физической стабильности. Через трое суток газифицированная эмульсия приобретает значения плотности (от 870 до 1000 кг/м³), без разрушения структуры эмульсии, что в целом свидетельствует о стабилизации ее физико-химических параметров.

Выводы

На основании анализа полученных результатов определены параметры газогенерации эмульсии, выбрано необходимое сырье и его концентрация, обеспечивающие такие основные параметры процесса газогенерации как скорость, качество и равномерность протекающей реакции.

Установлена высокая степень теплоустойчивости эмульсий с использованием горючей фазы на основе промышленных масел и твердых углеводов.

По результатам испытаний эмульсии характеризуются высокой стабильностью с сохранением необходимого уровня плотности и таким образом могут использоваться в течение технологического процесса приготовления и применения ЭВВ марки «ЕРА», в т.ч. при механизированной зарядке скважин.

Список литературы

1. Пилоян Г.О. Введение в теорию термического анализа. – М.: Наука, 1964. – 232 с.
2. Лоскутова Л.А., Егоров А.П. Химическая физика взрывчатых систем. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2001. – 107 с.
3. Шестак Я. Теория термического анализа. – М.: Мир, 1987. – 128 с.
4. Афанасьев Г.Т., Боболев В.К. Иницирование твердых взрывчатых веществ ударом. – М.: Наука, 1968. – 174 с.
5. Котомин А.А., Козлов А.С. Плотность органических соединений. Метод расчета плотности по вкладам фрагментов молекул. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2005. – 38 с.
6. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. Т. 1. – М.: Физматлит, 2002. – 824 с.
7. Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ. – М.: Оборонгиз, 1960. – 594 с.
8. Устименко Е.Б., Шиман Л.Н., Кириченко А.Л. Особенности свойств ЭВВ для безопасного применения их при взрывных работах // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. – 2009. – Вип. 2, ч. 1. – С. 86-89.
9. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. – М.: Недра, 1988. – 358 с.
10. Детонационные волны в конденсированных средах / А.Н. Дремин, С.Д. Савров, В.С. Трофимов, К.К. Шведов. – М.: Наука, 1970. – 172 с.
11. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах: Пер. с англ. – М.: Недра, 1980. – 455 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Шашенком 30.07.09

УДК 622.28.044

В.О. Назаренко, Г.В. Бруй, М.В. Чемакіна

МОНІТОРИНГ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК З АНКЕРНИМ КРІПЛЕННЯМ НА ШАХТАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Наведено результати візуального моніторингу гірничих виробок з анкерним кріпленням на шахтах Західного Донбасу. Зроблено висновки щодо раціонального використання анкерних систем в умовах цього регіону.

Приведены результаты визуального мониторинга горных выработок с анкерной крепью на шахтах Западного Донбасса. Сделаны выводы по рациональному использованию анкерных систем в условиях этого региона.

Results of visual monitoring of mine workings with a roof bolting on mines of the Western Donbass are given. Conclusions on rational use of anchor systems in the conditions of the region are drawn.

Зростання глибини розробки вугільних пластів, інтенсифікація очисних робіт і пов'язане з цим збільшення перерізів підготовчих виробок призвели до істотного погіршення умов будівництва й експлуатації виробок. Як показав світовий досвід, поліпшення стану виробок можливе за умов підвищення міцності оточуючого породного масиву навколо виробки та використання несучої здатності масиву, як елемента кріплення [1]. Одним із шляхів вирішення цього завдання є використання анкерних систем кріплення гірничих виробок, що дозволяє при значно меншій витраті металу забезпечити підвищення стійкості та надійності підтримання виробок. Іншою перевагою анкерного кріплення є можливість його механізації, внаслідок чого значно знижується трудомісткість прохідницьких робіт і підвищується швидкість проведення виробок.

У теперішній час анкерне кріплення широко впроваджується на шахтах Західного Донбасу. Але цей процес супроводжується певними труднощами, які пов'язані зі специфічними геологічними умовами: низькою міцністю порід, що вміщують вугільні пласти, схильністю їх до розмокання, наявністю водоносних горизонтів та значною дрібноамплітудною порушеністю гірських порід.

У таких умовах майже відсутній досвід експлуатації анкерних систем і методів контролю за станом кріплення.

Візуальні спостереження за станом кріплення і приконтурних порід гірничих виробок виконувалися на шахтах «Степова», «Західно-Донбаська», «Самарська» і «Павлоградська». Метою цих спостережень було встановлення початкового стану кріплення виробок, загальних закономірностей зміни їх перерізу й особливостей прояву гірського тиску.

Кріплення 159-го збірного штреку ш. «Степова» виконується відповідно до рекомендацій ПТМ ім. Полякова, з кількарізною зміною параметрів кріплення по довжині виймального стовпа. Спочатку застосовувалося рамне кріплення зі спецпрофілю АП-13,8 із кроком кріплення 0,5 метра. Починаючи з ПК14+8м до ПК18+4м виробка закріплена рамно-анкерним кріпленням, крок кріплення рам – 0,8 м, кількість анкерів на раму – 5. З ПК18+4м – кріплення анкерне. Кількість анкерів у ряді поступово збільшується, починаючи з 7 анкерів, і вже на ПК131 анкери встановлені в кількості 11 штук.

Моніторинг кріплення 159-го збірного штреку показав, що грубих відхилень від паспорта кріплення немає, а

стан виробки характеризується наступними показниками. У виробці з ПК50 спостерігається вертикальна і горизонтальна конвергенція, що збільшується з глибиною і сягає 1,0 м. Підняття підосви проявляється у вигляді підняття плит з видимими розривами суцільності з західної сторони виробки (рис. 1).

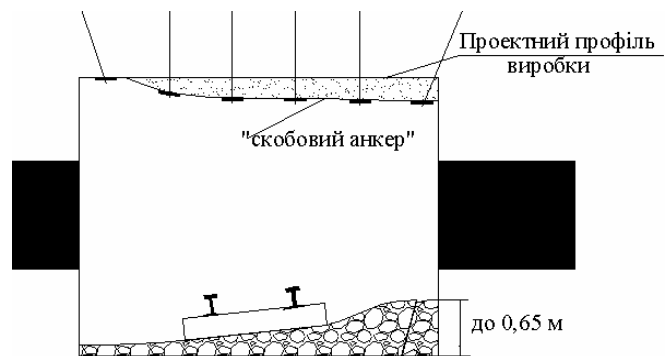


Рис. 1. Характер деформування порід покрівлі і підосви виробки

Горизонтальна конвергенція проявляється частіше в нижній частині виробки. Вона виражена в системі розкритих тріщин, що співпадає із кліважем порід підосви пласта. Вивали вугільного пласта і порід підосви, що спостерігаються на локальних ділянках східного борта виробки, розповсюджуються усередину масиву до 0,7 м і можуть сприяти втраті стійкості виробки (рис. 2).



Рис. 2. Розкриття тріщин у нижній частині виробки

У місцях значного осідання покрівлі (більше 0,2 м) спостерігається:

1. Крайні похилі анкери знаходяться в навантаженому стані або з деформованими елементами – окремі підпірні шайби зруйновані і зірвані (рис. 3). Подібні деформації найбільш часто спостерігаються зі східної сторони виробки.

2. Анкери, що установлені вертикально, практично не деформовані, цілісними залишаються підпірні шайби і підхвати.



Рис. 3. Деформування елементів кріплення виробки

3. На ділянці ПК161-162, де анкерне кріплення посилене металевим верхняком із профілю СВП і дерев'яними стояками, в окремих місцях є поламані стояки.

4. Процес конвергенції у виробці носить незатухаючий характер і збільшується зі збільшенням глибини. У вибою виробки спостерігається опускання покрівлі одночасно з деформаціями бортів виробки.

5. Моніторинг стану контурних індикаторів навантаження анкера показує, що:

– практично всі індикатори мають загальний зелений колір;

– загальна кількість індикаторів Тел-Тейлс на виробку довжиною 2500 м недостатня, на ПК180 стан індикатора вказує, що нижня точка закріплення (глибина 2,5 м) значно віддалилася від верхньої точки закріплення (глибина 5 м). Це свідчить про перевищення висоти руйнування покрівлі відносно довжини анкера.

Обстеження стану 404-го збірної і 410-го бортового штреків ш. «Павлоградська» виявило наступне.

Відповідно до паспорта кріплення виробки мають прямокутний переріз. Покрівля закріплена анкерами. Борту виробки також закріплені анкерами – по одному анкеру в кожному борті. Кут між горизонтом і віссю анкера складає приблизно 80°. Кількість анкерів, що установлені для закріплення покрівлі – 7...9 шт. в одному перерізі. Відстань між підхватами – 0,8 м.

У покрівлі пласта c_4 знаходяться пісковик сірий кварцевий дрібнозернистий на вапняно-глинистому цементі, щільний, природно вологий. Потужність шару від 0 до 2,2 м. Безпосередній ґрунт пласта c_4 складається з алевроліту сірого, із прошарками пісковика, потужністю від 1,4 до 4,0 м.

Виробки сухі. Загальний стан кріплення виробок характеризується як задовільний. До 10% анкерів навантажені до стану вирівнювання сферичних шайб. Віджимання безпосередньої покрівлі виробки виражено слабо. Відсутні випадки вивалювання анкерів з масиву. Також відсутні випадки відриву гайок анкерів і згинання гірським тиском сферичних шайб у протилежну сторону. По напрямку виробки знизу нагору правий борт має більш зміщену покрівлю. Виробка має невелике провисання центральної частини покрівлі. З огляду на стан різьбової частини анкера, очевидний рух униз усієї частини масиву покрівлі, зв'язаної анкерами.

Підняття підшви слабо виражено. У деяких випадках воно видно візуально, виявляється в основному по правому борту виробки.

Моніторинг стану підготовчих виробок, закріплених анкерним кріпленням (157-й бортовий штрек, 159-й збірний штрек шахти «Степова»; 164-й бортовий штрек шахти «Самарська»; 404-й бортовий штрек, 404-й збірний штрек, 413-й бортовий штрек шахти «Павлоградська») указує на явну відмінність у стійкості виробок [2].

Незважаючи на той факт, що на ш. Павлоградська виробки пройдені з присіканням до відпрацьованої раніше лави, стан перерізів 404-го бортового, 404-го збірної і 413-го бортового штреків залишається задовільним. Цей висновок справедливий і для 164-го бортового штреку шахти «Самарська». На відміну від перерахованих виробок на ш. «Степова» 157-й бортовий і 159-й збірний штреки піддаються впливові гірського тиску.

На наш погляд, першопричиною такого стану виробок є вплив глибини залягання гірничих виробок. У перших двох випадках середня глибина залягання 404-го бортового, 404-го збірної, 413-го бортового і 164-го бортового штреків знаходиться в межах 100-140 м. На ш. «Степова» виробки розташовані на глибині 250-480 м. При цьому до глибини близько 300 м переріз 157-го бортового і 159-го збірної штреків цілком задовільний, а нижче цієї глибини спостерігаються значні деформації як покрівлі, так бортів і підшви виробок.

Індикатори навантаження практично всі мають загальний зелений колір, який свідчить про відсутність навантаження. Це спостерігається навіть при осіданні покрівлі до 0,4 метра. Причиною цього може бути те, що анкери знаходяться у склепіння обвалення або контурні індикатори навантаження анкера непрацездатні.

Причиною того, що вертикально встановлені анкери практично не деформуються, а залишаються підпірні шайби і підхвати цілісними, може бути те, що ці анкери розташовуються усередині склепіння обвалення, що утворилося, і просідають разом із породами покрівлі. В цей же час, крайні похилі анкери знаходяться в навантаженому стані, тому спостерігається деформація елементів кріплення: окремі підпірні шайби зруйновані й зірвані.

Поламани дерев'яні стояки, що посилюють анкерне кріплення, свідчать про інтенсивні зрушення гірського масиву в покрівлі виробки. Виходячи з діаметра застосованого дерев'яного стояка (20 мм), можна зробити висновок про навантаження на кріплення в 150-300 кН/м. Таке навантаження відповідає висоті обвалення висотою

до 4 метрів, що утримується на крайніх похилих анкерах і стояках посилення.

Опускання покрівлі одночасно з деформаціями бортів та підшви виробки спостерігається навіть у вибою виробки, що свідчить про незатухаючий характер процесу конвергенції у виробці, що збільшується зі збільшенням глибини.

Загальний висновок зводиться до того, що до глибини 300 м застосування анкерного кріплення для підтримки підготовчих виробок виправдується, а нижче цієї глибини варто застосовувати традиційне для Західного Донбасу рамне і комбіноване рамно-анкерне кріплення або розробляти нові схеми та паспорти кріплення виробок, що враховують закономірності прояву гірського тиску.

Список літератури

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / Институт геотехнической механики НАН Украины. – Д.: Вильпо, 2002. – 372 с.
2. Мониторинг поддержания горных выработок и подготовка данных для разработки рекомендаций по использованию анкерных и рамно-анкерных крепей: Отчет о НИР/; Национальный горный университет/; Руководитель Ю.М. Халимендик. – № ГР 0108U004589. – Д., 2008. – 91 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Ю.М. Халимендиком 22.05.09

УДК 622.1:528

В.Д. Сидоренко, О.Є. Куліковська, І.С. Паранько

МАРКШЕЙДЕРСЬКО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ – СКЛАДОВА ЧАСТИНА СТВОРЕННЯ ЄДИНОГО ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ КРИВОРІЗЬКОГО ГІРНИЧОДОБУВНОГО РЕГІОНУ

Обґрунтовано необхідність створення та розвитку інфраструктури єдиного геоінформаційного простору Криворізького гірничодобувного регіону, основою якої визначено регіональну систему маркшейдерсько-геодезичного моніторингу, що дозволить забезпечити безпеку гірничих робіт і прогнозувати ступінь їх впливу на природні зміни навколишнього середовища.

Обоснована необходимость создания и развития инфраструктуры единого геоинформационного пространства Криворожского горнодобывающего региона, основой которой определена региональная система маркшейдерско-геодезического мониторинга, что позволит обеспечить безопасность горных работ и прогнозировать степень их влияния на природные изменения окружающей среды.

The necessity of creation and development of infrastructure of uniform geoinformation field of the Krivoy Rog mining region is grounded, by the basis of which the regional system of the surveyor-geodesic monitoring is certain, that will allow providing safety of mining works and forecasting the degree of influencing of them on the natural changes of environment.

В Україні, як показує досвід, економічний і соціальний розвиток гірничодобувних регіонів базувався і базується на видобутку та переробці певного виду сировини. Активний видобуток вугілля сприяв розвитку Донбасу, розробка покладів сірки у свій час забезпечила розвиток Новороздольського та Яворівського районів Львівщини, експлуатація соляних родовищ Закарпаття і Прикарпаття суттєво вплинули на благоустрій низки населених пунктів зазначених регіонів, більш ніж столітня історія видобутку залізних руд перетворила Криворіжжя на потужний промислово-індустріальний центр України. Проте, нераціональне використання видобутої гірської маси, відсутність енергозберігаючих технологій при її переробці, нехтування правилами захисту довкілля і, головне, вичерпання корисної мінеральної сировини призвело до скорочення або закриття виробництва, вивільнення робочих місць, ліквідації цілих інфраструктур

і, як наслідок, загострення соціальних, економічних та екологічних проблем у регіонах. Не таємниця, що закриття нерентабельних шахт у Донбасі призвело до зникнення окремих поселень, розташованих поблизу цих шахт, припинення видобутку сірки суттєво позначилось на економічних, екологічних і соціальних показниках Львівщини, різке зниження видобутку солі поставило на межу екологічного лиха Калуш та інші населені пункти Передкарпаття та Закарпаття. Неважко уявити, що буде з Криворізьким гірничодобувним регіоном через декілька десятків років у разі припинення експлуатації залізрудних родовищ. Суттєве порушення екологічного стану геологічного середовища може зумовити низку природно-техногенних тектонічних явищ, обрушень, обвалів, зсувів, селевих явищ, формування техногенного ландшафту перетворить Криворіжжя на зону екологічного лиха; вивільнення сотень тисяч робочих

місць призведе до загострення соціальних і економічних проблем тощо.

Вихід з цього складного соціального, економічного та екологічного положення, в якому сьогодні опинилися гірничодобувні регіони України, лежить через комплексне освоєння родовищ, що дасть змогу зберегти існуючі інфраструктури добувних і переробних комплексів, розв'язати питання працевлаштування населення та покращити екологічний стан доквілля, шляхом суттєвого зменшення відходів добувної промисловості. Для успішної реалізації такої програми необхідна науково обґрунтована модель комплексного управління розвитком гірничодобувних регіонів, яка б дала змогу проводити розробку родовищ з максимальним економічним та екологічним результатом.

В основі такої моделі повинні лежати всебічні знання про будову та склад родовищ, можливі варіанти видобутку мінеральної сировини, технологія їх переробки з мінімальними відходами, відомості про можливі напрямки використання всіх видів сировини і економічні показники як витрат, так і можливих прибутків. Створення такої моделі вимагає, в першу чергу, переоцінки гірничодобувних регіонів з позиції їх геологічної будови, мінерально-сировинної бази, виділення пріоритетних видів мінеральної сировини, наявності технологій збагачення корисних копалин, шляхів використання мінеральної сировини, впливу гірничодобувної та переробної промисловості на зміни екологічного стану регіонів. Для розробки такої моделі необхідна єдина програма, яка б передбачала всебічний розвиток індустрії, економіки і науки. Наріжними каменями такої програми повинні бути геологія, гірництво, збагачення корисних копалин, екологія і маркетинг, об'єднані в єдиний геоінформаційний простір.

Сьогодні гірничодобувні регіони – це конгломерат різних форм власності та різних за профілем підприємств, починаючи від гірничодобувних, гірничозбагачувальних, металургійних комбінатів і комплексів до науково-дослідних і проектних організацій із своїми проблемами та специфічними умовами діяльності. Всі вони зазвичай працюють автономно й координація їх дій на регіональному рівні відбувається, в кращому випадку, через місцеві органи влади. В умовах ринкових відносин неконкурентна здатність суб'єктів виробництва визначає успішність їх розвитку, це закономірно, але всіх цих суб'єктів в масштабі регіону об'єднують екологічні, економічні та соціальні проблеми, які неможливо вирішити на якомусь локальному рівні, що обмежений комбінатом, комплексом, концерном, заводом тощо. Це питання, які стосуються регіону загалом і самих суб'єктів виробництва в даному регіоні зокрема.

Як показує приклад Криворіжжя, гірничодобувні регіони характеризуються високим ступенем ураженості геологічного середовища, що зумовлено як безпосередньо видобутком корисних копалин, так і техногенним навантаженням на доквілля, спричиненим складуванням відходів видобувної та переробної промисловості. В Криворізькому залізорудному басейні за відносно короткий термін, який не переви-

щує 50 років, під впливом господарської діяльності людини відбулися і продовжують відбуватися суттєві зміни в ландшафтній структурі, а також геологічній, гідрологічній, гідрогеологічній складових природного середовища. Створення техногенного ландшафту, порушення гідродинамічного режиму підземних вод, забруднення поверхневих вод, атмосферного повітря, ґрунтів, разом з особливостями геологічної будови Криворіжжя дозволяють без перебільшення відносити Кривбас до потенційної зони екологічного ризику. Особливо в цьому відношенні викликає занепокоєння саме місто Кривий Ріг, яке розташоване на поверхні Криворізької структури. Остання приурочена до потужної зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому. Тут природні тектонічні процеси зумовили суттєві порушення в монолітності масивів докембрійських гірських порід, утворивши густу мережу розломів, зон підвищеної тріщинуватості, подрібнення порід тощо. Завдяки розломній тектоніці докембрійські породи, які є своєрідним «фундаментом» для інфраструктури міста, розбиті на низку різновеликих (від 5-7 до 10-20 км²) блоків, відокремлених зонами відкритої тріщинуватості, що позбавляє їх жорсткого зчеплення та знижує ступінь сейсмостійкості в регіоні.

Докембрійські блоки перекриті малопотужним чохлом (від перших метрів до перших десятків метрів) осадових порід кайнозою, серед яких переважають суглинки, глини, піски та вапняки. Субгоризонтальне залягання осадових верств на кристалічних породах докембрію «замасковує» зони розломів в останніх. Проте розробка залізорудних родовищ із залученням вибухових і вібро-відбійних технологій призводить до поновлення природної тріщинуватості й формування техногенної. Таким чином, сьогодні масиви гірських порід, на яких споруджені промислові та житлові комплекси міста – це у високій ступені розущільнені в фізико-механічному відношенні ділянки верхньої частини земної кори. При цьому слід зазначити, що зони техногенної тріщинуватості наявні також і в осадовому чохлах. Як наслідок, суттєво знижується ступінь сейсмостійкості та зростає ймовірність вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків.

Потенційною причиною останнього явища може бути надмірне техногенне навантаження на блоки і зони тріщинуватості, зумовлене спорудженням відвалів, шламосховищ і ставків-накопичувачів. Окремі відвали займають площу невеликих блоків, а шламосховища, місцем спорудження яких є балки та долини невеликих річок, розташовуються прямо над зонами розломів. Сюди також слід віднести порожнини в масивах гірських порід, створені в результаті підземної розробки родовищ і поглиблення та розширення кар'єрів. За останні десятиліття річні об'єми вилученої з надр і переміщеної гірської маси досягли 410-480 млн. т (160-170 млн. м³), у відвалах накопичено понад 7 млрд. т гірської маси, а у шламосховищах понад 2,6 млрд. т шламів при швидкості їх нагромадження 50-70 млн. т/рік.

Розробка родовищ, як підземним, так і відкритим способами супроводжується розкриттям водоносних

горизонтів і створенням депресивних воронк, що призводить до суттєвого порушення гідродинамічного режиму підземних вод. З метою обезводнення шахт і кар'єрів щорічно з гірничих виробок відкачується до 30 млн. м³ високомінералізованих вод, для утилізації яких необхідно споруджувати ставки-накопичувачі, що також створює додаткове навантаження на масиви гірських порід. Окрім того, як шламосховища, так і ставки-накопичувачі розташовуються в долинах річок або балках, які контролюють тектонічні зони. Враховуючи широкий розвиток природної та техногенної тріщинуватості гірських порід, ці мінералізовані води (навіть при високоякісній гідроізоляції шламосховищ) проникають у водоносні горизонти, що сприяє розвитку карстових явищ, у випадку локалізації їх в карбонатних породах, або засоленню ґрунтів – якщо це ґрунті води. Різниця у швидкості вертикальних переміщень сусідніх блоків, між якими споруджено шламосховище або ставок-накопичувач, може спричинити деформацію греблі та її руйнування, що створює потенційні можливості виникнення селевих явищ з усіма притаманними їм наслідками.

Під відвалами формуються техногенні водоносні горизонти, які впливають на фізико-механічні властивості порід основи відвалу. Останні можуть просідати, або (у випадку обводнення) набувати властивості текти, що вже є передумовою зсувів та обрушень.

У регіоні практично не вивчений вплив вертикальних та горизонтальних переміщень окремих блоків гірських порід, спричинених техногенним навантаженням на їх поверхню. Більшість таких блоків пересікається автомобільними дорогами, лініями підземного трамваю, а такі рухи спричиняють деформацію автомобільного полотна, трамвайних тунелів та колій, що є передумовою виникнення катастроф тощо. Безумовно, що в даному випадку не слід забувати і про просідання житлових та промислових споруд, як наслідки цього процесу.

Навіть з наведеної вище самої загальної характеристики чинників виникнення техногенно-природних надзвичайних ситуацій випливає, що територія Кривбасу є потенційною зоною їх розвитку. В зв'язку з цим прийняття заходів, скерованих на їх уникнення, повинно бути основним завданням відповідних служб регіону. На нашу думку, перший крок на шляху запобігання виникнення надзвичайних ситуацій це створення *регіональної системи маркшейдерсько-геодезичного моніторингу*. Тобто повинні бути створені пункти опорної маркшейдерсько-геодезичної мережі, які б слугували основою для спостережень за розвитком вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків гірських порід. Проте пункти, які були створені ще на початку освоєння гірничодобувних регіонів, сьогодні фізично і морально застаріли. Більшість з них потрапили в зони впливу гірничих робіт і, як наслідок, змінили своє положення, а частина їх взагалі ліквідована. Разом з тим слід зазначити, що традиційні маркшейдерсько-геодезичні методи, в основі яких лежать теодолітні та нівелірні

спостереження, сьогодні не забезпечують необхідної точності, а головне оперативності, при проведенні спостережень, які б дозволили передбачити розвиток зсувів або провалів. Такі явища проявляються раптово, але динаміка їх формування поступова, у даному випадку важливим моментом при їх попередженні є момент фіксації початкової стадії зміщення мас гірських порід, величини яких складають мікрони. В зв'язку з цим виникає нагальна необхідність у пошуках принципово нових методів і засобів маркшейдерсько-геодезичного контролю за станом земної поверхні та штучних споруд з метою попередження та запобігання виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних зі зміщенням масивів гірських порід.

Для оперативного вирішення таких регіональних проблем потрібні відповідні інституції, основне завдання яких повинно зводитись до узагальнення, аналізу екологічних, економічних і соціальних питань регіону з подальшою розробкою рекомендацій їх розв'язання на користь регіону загалом та суб'єктів виробництва зокрема.

Напрями розвитку гірничорудної промисловості в цілому повинні визначатися умовами ускладнення структури економіки регіону, зниження питомих енерговитрат на виробництво продукції та підвищення швидкостей перебігу виробничих процесів в системі. Безумовно, названі умови повинні забезпечувати екологічну безпеку, без якої неможливо досягти стабільного матеріального добробуту нинішнього й майбутніх поколінь.

Вказані напрями необхідно проаналізувати та оцінити з погляду їх відповідності цілям і завданням допустимих стратегій соціально-економічного розвитку. При цьому слід врахувати не тільки чинник загальної якісної відповідності, але й безпосередній внесок гірничорудної промисловості в рішення конкретних соціально-економічних проблем міста та й регіону загалом. При цьому можна назвати такі головні з них: проблема погіршення екології міста; проблема формування фінансової бази розвитку території; проблема зайнятості населення.

Для підвищення ефективності ухвалення управлінських рішень у всіх сферах діяльності міста Кривого Рогу необхідно створення на його території геоінформаційного простору, що відповідає духу та сучасним технологіям. Окрім цього, для того, щоб розвиток гірничорудного сектора економіки м. Кривого Рогу повною мірою відповідав інтересам території, слід розробити механізм контролю (регулювання) та підтримки балансу інтересів кожної із сторін сформованої системи надрокористування.

Ефективність і реалізованість шляхів розвитку гірничорудного сектора слід оцінити не тільки за допомогою загального критерію (відповідності стратегічним цілям і завданням), але з урахуванням низки місцевих умов внутрішніх і зовнішніх властивостей, а саме:

– гірничо-геологічних умов (наявності і можливостей розширення сировинної бази галузі) та технологічних чинників;

- існуючих і можливих у майбутньому екологічних обмежень;
- вірогідного впливу на умови життя місцевого населення;
- перспектив забезпечення фінансово-інвестиційними ресурсами;
- можливостей реалізації продукції в Україні та за її межами з урахуванням конкурентоспроможності в умовах прогнозованої ринкової кон'юнктури;
- шляхів інтеграції з іншими гірничодобувними регіонами в питаннях освоєння і комплексної переробки ресурсів;
- умов і шляхів реформування державної податкової системи;
- формування і підтримки конкурентного середовища надкористувачів.

При цьому слід не тільки проаналізувати існуючі та вірогідні умови, але й визначити бажані тенденції зміни тих з них, які мають суб'єктивний характер. Іншими словами, необхідно обґрунтувати комплекс заходів, що направлені на створення умов і передумов для ефективного розвитку гірничорудного сектора на користь регіону.

У будь-якому випадку як для інерційних, так і для нових стратегій необхідно підвищити якість геологічної, інженерно-геологічної, гідрологічної вивченості регіону, з'ясувати ступінь наявності єдиної картографічної основи. Крім того, необхідно виконати комплексну економічну оцінку виявлених корисних копалин, що дозволить визначити інтерес в них українського і міжнародного ринків. Це дасть можливість визначити зацікавлені сторони в розробці корисних копалин, запропонувати механізми фінансового і правового забезпечення, а також управління в створенні мінерально-сировинної бази регіону.

Якщо проаналізувати світову практику з даного питання, то можна відмітити наступне. Починаючи з кінця 90-х років минулого століття і до теперішнього часу регіональні та національні геоінформаційні інфраструктури були створені в більш ніж 120 країнах. США, Австралія і більшість держав Європи пройшли всі етапи від розробки концепцій національної інфраструктури просторових даних до їх реалізації.

У Росії вже з кінця 1990-х рр. створення на території міста Москви єдиного геоінформаційного простору з'явилося обов'язковою умовою для вирішення завдань управління міським господарством з використанням сучасних автоматизованих технологій і знайшло своє відображення і підтримку у низці розпоряджень Уряду Москви. У 1999 р. відповідною Постановою Уряду Москви [1] визначено, що експлуатовані і знов створювані міські інформаційні системи, пов'язані з використанням просторових даних, повинні функціонувати виключно на базі Єдиної державної картографічної основи (ЕГКО) міста Москви. В 2000 р. Урядом Москви ухвалюється рішення про щорічне формування Програми робіт по міському замовленню на аерокосмічну зйомку території міста, обробку даних дистанційного зондування і ведення Банку даних дистанційного зондування [2]. З 2004 р.

ці програми стали виконуватися у рамках Міської цільової програми «Електронна Москва». Одночасно ведуться роботи по вдосконаленню опорної геодезичної мережі міста Москви [3]. В даний час у Москві реалізований комплексний підхід по отриманню, обробці, зберіганню та наданню в користування матеріалів аерофотозйомок території міста. Протягом останніх п'яти років успішно функціонує централізована система забезпечення органів виконавчої влади міста Москви, міських служб і організацій інформаційними ресурсами. З 2001 р. регулярно та цілеспрямовано в інтересах органів виконавчої влади, міських служб і організацій проводиться комплексний аерокосмічний моніторинг території городу.

За цей час визначилися перевірені практикою правила, процедури та механізми організації національної та регіональної інфраструктури просторових даних як інформаційно-телекомунікаційної системи. Головна мета такої інфраструктури – забезпечення вільного доступу громадян, організацій, органів державної влади та органів місцевого самоврядування до національних ресурсів єдиного геоінформаційного простору, що забезпечується у тому числі і через глобальну мережу Інтернет.

Організацію робіт у зарубіжних країнах по створенню та розвитку інфраструктури просторових даних, як правило, здійснює міжвідомчий орган з широкими повноваженнями у сфері координації діяльності органів влади всіх рівнів і організацій за допомогою створення нормативної правової бази, проведення науково-технічної політики, упровадження нових технологій, навчання кадрів. Державні підтримка та фінансування, що грає важливу роль на перших етапах створення та розвитку національної інфраструктури просторових даних, у міру розвитку ринку цих даних і геоінформаційних послуг змінюються взаємовигідним партнерством бізнесу та органів державної влади при збереженні цими органами регулюючих функцій. Подальший розвиток інфраструктури просторових даних планується здійснювати на підставі поглиблення міжвідомчої взаємодії та розповсюдження досвіду на регіональному і місцевому рівнях.

Сьогодні у Криворізькому регіоні органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, господарюючі суб'єкти створюють і використовують просторові дані. Дані про просторові об'єкти, що містяться на топографічних картах, планах міста, в геодезичних і нівелірних мережах, тривалий час традиційно використовувалися для вирішення завдань у різних галузях економіки і в цілях забезпечення національної, екологічної та техногенної безпеки міста і басейну в цілому, що визначило необхідність їх засекречення. Разом з тим на багатьох підприємствах міста Кривого Рогу створювалися і використовувалися дозволені до публікації просторові дані. Вони тиражувалися у вигляді схем, планів, карт обмежених ділянок території в місцевих або умовних системах координат. Такі дані іноді неможливо зіставити, а це виключає їх сумісне і комплексне використання. Ре-

зультатом цього стала відсутність у місті єдиної системи ідентифікації просторових об'єктів, що перешкоджає використанню просторових даних як універсального елемента зв'язку різних баз даних і робить неможливою побудову єдиного інформаційного простору гірничодобувного регіону.

Слід назвати і додаткові проблеми та труднощі, що затримують використання просторових даних, а саме: відставання законодавства країни в області маркшейдерсько-геодезичних робіт, ліцензування видів діяльності, авторського права, інформаційних технологій від сучасних вимог, що пред'являються органами державної влади, органами місцевого самоврядування, фізичними й юридичними особами до змісту, якості та рівня доступності просторових даних; наявність обмежень на розповсюдження просторових даних; втрата актуальності матеріалів і даних державної маркшейдерсько-геодезичної служби.

Серед чинників, що обумовлюють необхідність створення та розвитку інфраструктури просторових даних Криворізького гірничодобувного регіону, відзначимо такі:

- збільшення кількості завдань, що вимагають використання просторових даних, що створені та зберігаються в цифрових форматах;
- розповсюдження геоінформаційних технологій як засобів ефективного використання просторових даних;
- розвиток інформаційно-телекомунікаційних мереж, у тому числі мережі Інтернет;
- зростання потреби в створенні умов для оперативного доступу до просторових даних;
- інтенсивний розвиток інфраструктури просторових даних в зарубіжних країнах.

Основною метою створення та розвитку інфраструктури просторових даних гірничодобувного регіону стане створення умов, що забезпечують вільний доступ органів державної влади, органів місцевого самоврядування, організацій і громадян до просторових даних та їх ефективне використання (рис. 1). Досягнення головної мети дозволить забезпечити: підвищення якості та ефективності управління на державному і муніципальному рівнях за рахунок широкого використання інформаційних ресурсів просторових даних при ухваленні управлінських рішень і контролі їх виконання; надання актуальної та достовірної інформації про базові просторові дані споживачам за єдиними правилами і тарифами; зниження бюджетних витрат на створення просторових даних в цілому, підвищення їх якості за рахунок виключення дублювання робіт із створення баз просторових даних; стимулювання інвестицій в створення просторових даних і пов'язаних з ними інформаційних послуг.

Для успіху вказаної мети повинні бути вирішені наступні завдання:

- розробка та ухвалення законодавчих та інших нормативних правових актів, а також технічних рекомендацій, стандартів, нормативно-технічних документів і класифікаторів, регулюючих створення і використання базових просторових даних і метаданих;

- створення та інтеграція інформаційних ресурсів окремих організацій міста (регіону);

– забезпечення повноти просторових даних, їх достовірності та актуальності за рахунок розширення числа організацій, що проводять і надають інформацію про базові просторові об'єкти;

- наукове, технічне та технологічне забезпечення створення, ведення і надання в користування базових просторових даних і метаданих.

Формування і розвиток інфраструктури просторових даних Криворізького регіону необхідно здійснювати на принципах, що відображено на рис. 2.

На нашу думку, координуючим міжвідомчим органом у сфері діяльності по створенню і розвитку інфраструктури просторових даних може бути *інформаційно-аналітичний центр* з потужним науковим потенціалом і сучасною технічною базою всебічного опрацювання та аналізу інформації. Тільки в такому випадку можна створити обґрунтовану і реальну модель сталого розвитку гірничодобувного регіону.

Враховуючи те, що територія гірничодобувних регіонів є потенційною зоною виникнення техногенно-природних надзвичайних ситуацій, особливе значення буде належати створенню відповідної служби їх запобігання – *регіональній системі маркшейдерсько-геодезичного моніторингу* (див. рис. 1).

Головними завданнями **маркшейдерсько-геодезичного моніторингу** повинні бути: своєчасне та високоякісне науково-технічне забезпечення спеціальних маркшейдерсько-геодезичних робіт при проектуванні, будівництві, експлуатації та консервації об'єктів гірничо-металургійного комплексу регіону; вдосконалення маркшейдерсько-геодезичних методів спостережень і контролю стану геологічного і техногенного середовища, способів протизсувного, протифільтраційного й антисейсмічного захисту гірничих об'єктів, що забезпечують екологічну безпеку гірничодобувного регіону на основі упровадження новітніх технологій, досягнень науки і техніки, комп'ютерних технологій та світового досвіду.

Вирішення цих завдань дозволить проводити постійний контроль за станом гідродинамічних, геомеханічних і геодинамічних процесів у регіоні; здійснювати науково-методичне керівництво, підготовку та перепідготовку працівників маркшейдерсько-геодезичних відділів на підприємствах гірничорудної та металургійної галузей; розробляти пропозиції щодо проведення науково-дослідних робіт і впровадження рішень по закінчених науково-технічних розробках; узгоджувати проведення проектно-дослідних робіт з метою забезпечення екологічної безпеки регіону тощо. Наведений вище перелік є узагальненням тих питань, які необхідно вирішити в кожному з зазначених напрямків для того, щоб можна було забезпечити сталий розвиток гірничодобувних регіонів з урахуванням економічних, екологічних і соціальних проблем. Для вирішення проблем, які вже зазначалися вище, необхідно створення в гірничодобувних регіонах інформаційно-аналітичних центрів.

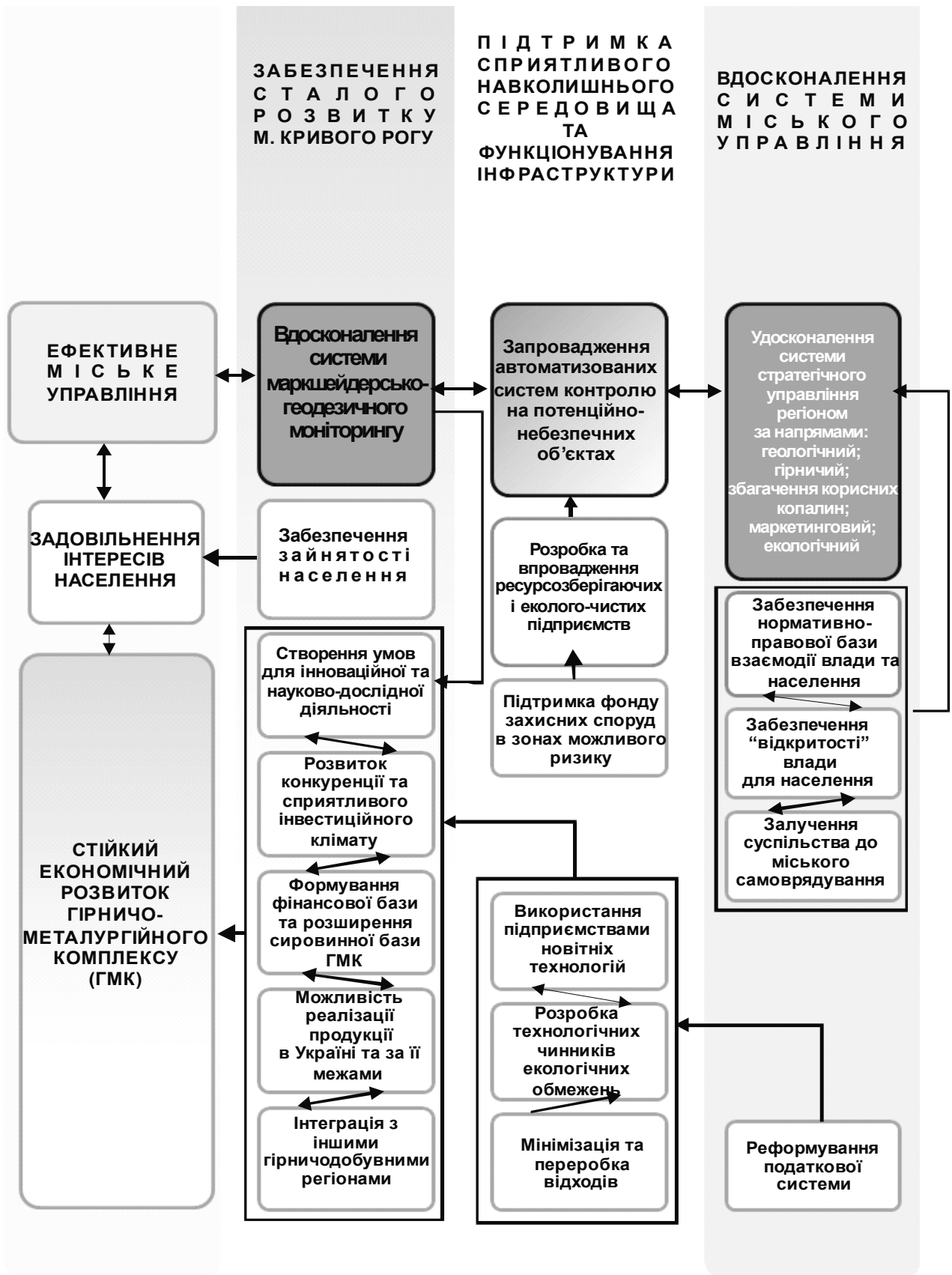


Рис. 1. Стратегічна схема сталого розвитку Криворізького гірничодобувного регіону

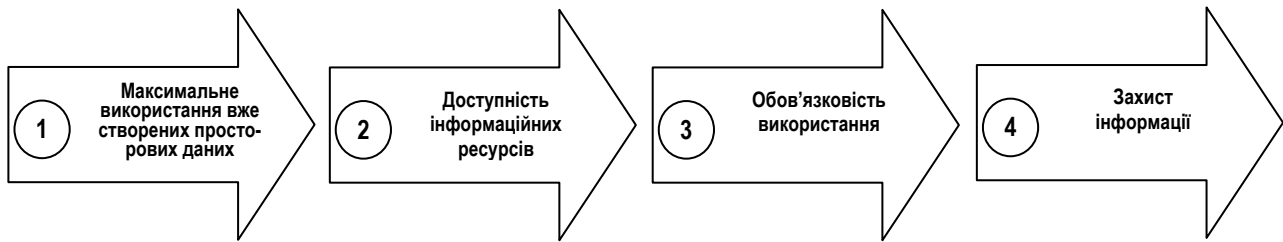


Рис. 2. Принципи формування та розвитку інфраструктури геоінформаційної системи просторових даних регіону

У Криворізькому регіоні є науково-технічний потенціал, який здатний на високому рівні забезпечити функціонування науково-дослідного аналітико-інформаційного центру та виконання зазначеної вище програми. Відкритим залишається питання фінансування такої інституції та забезпечення ефективної системи координації дій всіх його структурних підрозділів. На наш погляд, така установа повинна працювати під патронатом місцевих органів влади і належати до *муниципальних* установ. Тільки в такому випадку можна сподіватися на створення ефективної системи контролю та прогнозування сталого розвитку Криворізького гірничодобувного регіону, а також і усіх гірничодобувних регіонів України.

Список літератури

1. Постановление Правительства Москвы от 19 января 1999 г. № 24 «О внедрении Единой государствен-

ной картографической основы г. Москвы для решения задач управления городским хозяйством с использованием автоматизированных технологий». <http://www.mos.ru>.

2. Постановление Правительства Москвы от 21 марта 2000 г. № 198 «Об утверждении Положения о порядке формирования и выполнения ежегодного городского заказа на аэрокосмическую съемку территории г. Москвы, обработки данных дистанционного зондирования и ведения Банка данных дистанционного зондирования по территории г. Москвы». <http://www.mos.ru>.

3. Постановление Правительства Москвы от 07 ноября 2006 г. № 879_ПП «О городской целевой среднесрочной программе работ по совершенствованию опорной геодезической сети города Москвы на 2007-2009 годы». <http://www.mos.ru>.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Федоренком 07.09.09

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Досліджено газодинамічні процеси при керуванні витратами повітря у вентиляційній мережі вугільної шахти. Запропоновано рішення, що дозволяють прогнозувати „сплески” концентрації метану при регулюванні витрат повітря на видобувній ділянці вугільної шахти та підвищити безпеку праці гірників.

Исследованы газодинамические процессы при управлении расходом воздуха в вентиляционной сети угольной шахты. Предложены решения, которые позволяют прогнозировать „всплески” концентрации метана при регулировании расхода воздуха на добычном участке угольной шахты и повысить безопасность работы горняков.

It is investigated the gas dynamic processes during the regulation of air expenditure in the ventilation network of coal mine. It is proposed the decisions, which help to forecast the „splashes” of metan concentration during the regulation of air expenditure on the extracting sector of coal mine and increase the safety of the work of miners.

Вступление. Безопасность ведения горных работ во многом определяется эффективностью работы вентиляционной системы угольных шахт, опасных по выделениям метана. Вопросам управления проветриванием шахт с учетом динамики поступления метана постоянно уделяется внимание научно-исследовательскими, проектно-конструкторскими, учебными учреждениями как в Украине, так и за рубежом.

Усилиями ряда учреждений (НГУ, ИГТМ АН Украины, ДонНТУ, МакНИИ и др.) была создана подсистема диспетчерского контроля и управления проветриванием угольных шахт „АТМОС”, которая позволяет производить перераспределение воздуха по горным выработкам в зависимости от газовой обстановки на добычных участках.

Однако до настоящего времени недостаточно исследованы аэрогазодинамические процессы при перераспределении воздуха в вентиляционной сети, существующие методы управления проветриванием угольных шахт по газовому фактору не достаточно эффективны, требуется доработка технических средств управления проветриванием выемочных участков, пригодных для газовых шахт, что сдерживает решение указанной проблемы.

Целью настоящей работы является описание неустановившихся газодинамических процессов в призабойном пространстве выемочного участка.

Анализ исследований газодинамических явлений з угольных шахтах [1] показывает, что протекающие на выемочном участке переходные процессы в своей основе имеют быстротекущие процессы изменения давления, которые вызывают появление переходных процессов по дебиту воздуха, а последние – появление переходных газодинамических процессов. С другой стороны, известно [2], что возмущения по перепаду давления, возникающие в процессе управления проветриванием, могут привести к появлению переходных газодинамических процессов, опережающих переходные процессы по дебиту воздуха, вызванные реакцией выработанного пространства на быстротекущие переходные процессы по давлению.

Конечная цель управления воздухораспределением – обеспечение безопасных режимов проветривания выемочных участков, регламентированных Правилами безопасности. В установленном режиме проветривания газовая обстановка на исходящей из лавы:

$$C = \frac{q_{yч}}{q_{yч} + Q} \cdot 100\%,$$

где C – содержание метана в исходящей струе, %; Q – расход воздуха на выемочном участке, $\text{м}^3/\text{с}$; $q_{yч}$ – дебит метана на выемочном участке, $\text{м}^3/\text{с}$.

Дебит метана на выемочном участке составляет шесть слагаемыми по первичным источникам газопоступления:

$$q_{yч} = q_y + q_{on} + q_k + q_{kn} + q_n + q_{en},$$

где q_y – газовыделение из отбитого угля, находящегося в пределах лавы (на конвейере и погрузочном пункте); q_{on} – газовыделение из обнаженной поверхности пласта; q_k – газовыделение из зоны работы комбайна (зоны разрушения); q_{kn} – газовыделение из кровли и почвы призабойного пространства; q_n – газопоступление со свежей струей воздуха; q_{en} – газовыделение из выработанного пространства.

Расход воздуха на выемочном участке в свою очередь характеризуется рядом факторов, которые в конечном итоге оказывают влияние на переходные газодинамические процессы. К таковым относятся инерционные свойства воздушного потока, которые отражают факт рассеяния энергии на преодоление аэродинамического сопротивления, а также накопление ее, обусловленное инерционностью и сжимаемостью воздушной среды. Мерой инерционности последней является акустическая масса, а упругие свойства воздушного потока, т.е. его сжимаемость, или податливость, учитываются акустической гибкостью.

Инерционные свойства воздушного потока приводят к тому, что при регулировании расхода воздуха

давление, распространяясь со скоростью звука от источника возмущения, в нашем случае исполнительного устройства регулятора расхода воздуха, и опережая переходный процесс по воздуху, может привести к „всплеску“ содержания метана в зоне очистного забоя.

Дебит воздуха при переходном процессе в контролируемой точке при управлении вентиляционным режимом добычного участка может быть определен по зависимости, приведенной в работе [3]:

$$Q_t = Q_0 \pm \Delta Q \cdot \{1 - \exp[-\beta \cdot (t - t_3) \cdot (1 - \text{sign}(t_3 - t))]\}, \quad (1)$$

где Q_0 – начальный расход воздуха, м³/с; ΔQ – величина изменения дебита воздуха, м³/с; β – коэффициент, определяемый по результатам эксперимента, с⁻¹; $\beta = 1/T$, где T – постоянная времени переходного процесса, с; t_3 – время задержки начала переходного процесса, $t_3 = l/c$, где l – расстояние от регулятора расхода воздуха до контролируемой точки, м, c – скорость звука, м/с. Знак „+“ или „-“ перед ΔQ – увеличение или уменьшение расхода воздуха в процессе регулирования соответственно.

Одним из факторов, характеризующих процесс управления вентиляционным режимом, является кратность изменения дебита воздуха

$$K = \frac{Q_n}{Q_k},$$

где Q_n – расход воздуха на выемочном участке до начала регулирования, м³/с; Q_k – расход воздуха на выемочном участке после окончания переходного процесса, возникшего в процессе регулирования;

На угледобывающих предприятиях Украины широко распространена схема проветривания с последовательным разбавлением вредностей и отводом исходящей струи на массив угля при восходящем проветривании лавы, возвратноточным движением свежей и исходящей вентиляционных струй добычного участка. Такая схема проветривания, при основном газовыделении из спутников, обуславливает наличие выработанных пространств с высокой газонасыщенностью, что ограничивает нагрузку на очистной забой в условиях существенного газовыделения из выработанного пространства из-за появления „всплесков“ концентрации метана в верхней части лавы при управлении воздухом распределением [4]. Исходя из вышеизложенного, в данной работе рассматриваются наиболее неблагоприятные для регулирования расхода воздуха по газовому фактору выемочные участки, обрабатываемые обратным ходом с возвратно-точной системой проветривания и высокой газонасыщенностью выработанных пространств.

Представляет интерес рассмотреть влияние на газодинамический процесс на выемочном участке двух условных групп факторов – независимых от быстропротекающих переходных процессов по давлению и зависящих от них. В первую группу включаем источники газопоступления в призабойное пространство q_{np}

$$q_{np} = q_y + q_{on} + q_k + q_{xn} \quad (2)$$

и газопоступление со свежей струей q_n , во вторую – газовыделение из выработанного пространства q_{en} .

В данной работе представлено аналитическое описание газодинамических процессов в призабойном пространстве выемочного участка по источникам поступления метана. Для рассмотрения источника газопоступления из отбитого угля примем схему со следующими допущениями: за период пребывания в лаве интенсивность газовыделения из единицы объема (массы) отбитого угля не изменяется; хотя уголь движется на конвейере и выносится за пределы лавы на погрузочный пункт откаточного штрека, процесс рассматривается как стационарный (что справедливо при добыче угля комбайном, т.к. каждая порция удаляемого угля тут же заменяется новой); выделившийся в атмосферу лавы метан перемешивается равномерно в сечении лавы за счет турбулентной диффузии; поступающий из лавы воздух не содержит метана.

Известно, что газовыделение из отбитого угля определяется средней скоростью дегазации $\varphi = \frac{d\omega}{dt}$, определяемой по разности газонасыщенностей при сорбционном равновесии ω_0 и остаточной газонасыщенности ω_i за рассматриваемый промежуток времени τ_i :

$$\gamma = \frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_0 - \omega_i}{\tau_i}.$$

При условии непрерывной работы выемочного комбайна его производительность обычно определяется:

$$p = \frac{m \cdot \gamma \cdot r \cdot x}{t},$$

где γ (т/м³) – объемный вес угля в массиве; m – мощность угольного пласта, м; r – величина захвата выемочной машины, м; x – координата нахождения комбайна в лаве; t – время работы выемочной машины, с.

Тогда выделение метана в единицу времени

$$q_{сн_4} = \varphi \cdot p.$$

Поскольку координата x нахождения комбайна в лаве изменяется в пределах $0 \leq x \leq l$, где l – длина лавы, то время перемещения добытого угля от точки нахождения комбайна до пункта погрузки на откаточном штреке составит $t = \frac{x}{v}$, где v – средняя скорость перемещения угля по конвейеру, м/с. Тогда масса угля, находящегося в призабойном пространстве лавы, составит:

$$M = p \cdot \frac{x}{v},$$

а газовыделение из него в единицу времени:

$$q_{(t)} = p \cdot \frac{x}{v} \cdot \varphi.$$

В соответствии с принятыми выше допущениями, что поступающий в лаву воздух чист, а выделившийся из угля метан равномерно перемешивается в призабойном пространстве за счет турбулентной диффузии,

из условия сохранения количества вещества можно записать следующее дифференциальное уравнение баланса газа в призабойном пространстве в процессе регулирования (изменения расхода воздуха):

$$q \cdot dt - (Q_в + q) \cdot C_м \cdot dt = V \cdot dC_м, \quad (3)$$

где $q \cdot dt$ – количество метана, выделившегося в призабойное пространство из движущегося на конвейере угля за время dt ; $(Q_в + q) \cdot C_м \cdot dt$ – количество метана, вынесенное исходящей струей из лавы за время dt ; $V \cdot dC_м$ – изменение количества метана в объеме призабойного пространства лавы.

Интегрируя уравнение (3) при начальном условии $t = 0$ и $C = C_0$ получим:

$$C_м = C_л + (C_0 - C_л) \cdot \exp\left(-\frac{Q_в + q}{V} \cdot t\right),$$

где $C_л = \frac{q}{Q_в + q}$ – концентрация метана в любой точке по длине лавы $0 \leq x \leq l$.

Максимальное значение концентрации метана $C_{л\max}$ будет в точке $x = l$ (при работе комбайна у сопряжения лавы с вентиляционным штреком). С учетом принятого условия, что поступающий в лаву воздух не содержит метана ($C_0 = 0$), получаем:

$$C_{л\max} = \frac{q}{Q_в + q} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{Q_в + q}{V} \cdot t\right)\right].$$

При изменении расхода воздуха по экспоненциальному закону (1) дебит метана из отбитого угля в призабойное пространство составит:

$$q_y = \frac{qQ_i}{Q_i + q} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{Q_i + q}{V} \cdot t\right)\right]. \quad (4)$$

Метановыделение в призабойное пространство из обнаженной поверхности пласта зависит от многих природных горно-геологических и горнотехнических факторов, характеризующих разрабатываемый пласт. При рассмотрении фактора метановыделения из обнаженной поверхности пласта примем следующие допущения: комбайн в лаве не работает; свежий воздух, поступающий в лаву, метана не содержит; нарастание метана по длине лавы равномерное, газовыделение с единицы обнаженной поверхности пласта в момент ее обнажения q_0 , $m^3 / m^2 \cdot c$

Тогда газопоступление по длине лавы

$$q_л = q_0 \cdot m \cdot l,$$

где m – мощность угольного пласта, м; l – длина лавы, м.

Уравнение баланса метана с учетом выноса его на вентиляционный штрек:

$$q_л \cdot dt - (Q_в + q_л) \cdot C'_м \cdot dt = V \cdot dC'_м, \quad (5)$$

где $q_л \cdot dt$ – количество метана, выделившееся в лаву из обнаженной поверхности пласта за время dt ; $(Q_в + q_л) \cdot C'_м \cdot dt$ – количество метана, вынесенного исходящей струей воздуха за время dt ; $V \cdot dC'_м$ – изменение количества метана в объеме лавы.

Решение уравнения (16) при начальных условиях $t = 0$; $C = C_0 = 0$ имеет вид:

$$C'_{он} = C'_м \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{Q_в + q_л}{V} \cdot t\right)\right],$$

где $C'_м = \frac{q_л}{Q_в + q_л}$ – концентрация метана по длине лавы $0 \leq x \leq l$.

При изменении расхода воздуха на выемочном участке, составляющая дебита метана из обнаженной поверхности пласта в исходящей вентиляционной струе составит:

$$q_{он} = \frac{q_л Q_i}{Q_i + q_л} \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{Q_i + q_л}{V} \cdot t\right)\right].$$

В зоне работы выемочного комбайна, при естественном воздухо-распределении по сечению лавы, концентрация метана может превысить допустимые по ПБ нормы, что объясняется недостаточным количеством воздуха, проходящим по комбайновой дорожке. Неравномерность распределения метана в зоне работы комбайна зависит от скорости движения воздушной струи на комбайновой дорожке, от газоносности пласта, типа выемочной машины, схемы ее работы и т.п. Поэтому, при рассмотрении газопоступления из зоны работы комбайна примем следующие допущения: рабочий процесс комбайна непрерывный, с постоянной скоростью резания угля; поступающий в лаву воздух не содержит метана.

При непрерывной работе выемочного комбайна в очистном забое интенсивность газовыделения из зоны разрушения угля определяется по формуле:

$$q_{сн4к} = \frac{m \cdot r \cdot \gamma \cdot l \cdot \omega_0}{t}.$$

Тогда уравнение газового баланса в объеме призабойного пространства по фактору газовыделения из зоны работы комбайна запишем в виде дифференциального уравнения:

$$q_{сн4к} \cdot dt - (Q_в + q_{сн4к}) \cdot C'_к \cdot dt = V \cdot dC'_к, \quad (6)$$

где $q_{сн4к} \cdot dt$ – количество метана, выделившегося в лаву из зоны разрушения угля за время, dt ; $(Q_в + q_{сн4к}) \cdot C'_к \cdot dt$ – количество метана вынесенного из лавы за промежуток времени dt ; $V \cdot dC'_к$ – изменение количества метана в объеме лавы.

Решение (6) при начальных условиях $t = 0$; $c = c_0 = 0$ (с учетом принятого допущения, что поступающий в лаву воздух не содержит метана) будет иметь вид:

$$C'_к = C'_к \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{Q_в + q_{сн4к}}{V} \cdot t\right)\right],$$

где $C'_к = \frac{q_{сн4к}}{Q_в + q_{сн4к}}$ – концентрация метана, выделившегося при работе комбайна.

Дебит метана из зоны работы комбайна в призабойное пространство во время регулирования расхода воздуха составит:

$$q_k = \frac{q_{сн4к} Q_i}{Q_i + q_{сн4к}} \left[1 - \exp\left(-\frac{Q_i + q_{сн4к}}{V} \cdot t\right) \right]. \quad (7)$$

При рассмотрении вопроса газопоступления в призабойное пространство со свежей струей воздуха и газовыделение из почвы и кровли пласта примем следующие допущения: в лаве нет газовыделения из отбитого угля (комбайн в лаве не работает); отсутствует газовыделение из линии обнаженной поверхности пласта (забой давно остановлен и дегазирован); почва и кровля призабойного пространства также не являются источниками метановыделения (разрабатывается одиночный пласт, "спутников" нет). В этом случае, ввиду отсутствия источников метановыделения в призабойное пространство, концентрация на исходящей струе выемочного участка будет определяться только метаном, поступающим со свежей струей с подготовительных или очистных выработок, расположенных по ходу струи до рассматриваемого очистного забоя.

В этом случае концентрация метана в исходящей вентиляционной струе выемочного участка

$$C_l = C_n' = \frac{q_n}{Q_e},$$

где q_n – дебит метана, поступающего в забой со свежей струей; Q_e – расход поступающего на участок воздуха.

При изменении расхода воздуха по какому-либо закону регулирования при неизменной концентрации метана в поступающей струе, дебит метана окажется пропорциональным расходу воздуха.

Например, для экспоненциального закона изменения расхода воздуха дебит метана при изменении расхода воздуха на выемочном участке составит:

$$q_n = C_n \cdot Q_i.$$

Вследствие закона неразрывности струи (рассматривается случай несжимаемой метановоздушной смеси) количество метана, содержащееся в объеме лавы V_{mn} , до и после регулирования будет неизменным и равным:

$$q_n = C_n \cdot V_{mn}.$$

Представляет интерес рассмотрение случая совместного влияния на неустановившийся газодинамический процесс газопоступления со свежей струей и равномерно распределенного по длине лавы метановыделения q_{on} , представляющего собой суммарное газовыделения из почвы, кровли и плоскости пласта (то есть, источников с независимым от резкого изменения перепада давления в лаве газопоступления). При рассмотрении примем допущения, что комбайн в лаве не работает и угля на конвейере нет. Тогда из условия сохранения количества газа можно записать

следующее дифференциальное уравнение баланса газа в призабойном пространстве:

$$V \cdot dC_M' = (q_{кн} \cdot x + C_n \cdot Q_e) \cdot dt - (Q_e + q_{кн}) \cdot C_M' dt, \quad (8)$$

где $(q_{кн} \cdot x + C_n \cdot Q_e) \cdot dt$ – количество метана, поступившее в лаву за время dt из почвы, кровли и пласта ($q_{кн} \cdot x \cdot dt$) и со свежей струей воздуха ($C_n \cdot Q_e \cdot dt$); $(Q_e + q_{кн}) \cdot C_M' dt$ – количество метана, вынесенное струей воздуха из лавы за время dt ; $V \cdot dC_M'$ – изменение количества метана в объеме лавы.

Решение уравнения (8) при начальных условиях $t = 0$; $C = C_{мо}$ имеет вид:

$$C_M' = C_l + (C_{мо} - C_l) \cdot \exp\left(-\frac{Q_e + q_{кн} \cdot x}{V} \cdot t\right),$$

где $C_l = \frac{q_{кн} \cdot x + C_n \cdot Q_e}{Q_e + q_{кн} \cdot x}$ – концентрация метана по длине лавы, % об., при $0 \leq x \leq l$.

Максимальное значение концентрации метана будет на сопряжении лавы с вентиляционным штреком в точке $x = l$, тогда

$$C_{M \max}' = \frac{q_{кн} \cdot l + C_n \cdot Q_e}{Q_e + q_{кн} \cdot l} + (C_{мо} - \frac{q_{он} \cdot l + C_n \cdot Q_e}{Q_e + q_{кн} \cdot l}) \cdot \exp\left(-\frac{Q_e + q_{кн} \cdot x}{V} \cdot t\right).$$

При изменении расхода воздуха по экспоненциальному закону (3) дебит метана в исходящей струе во время переходного процесса составит:

$$q_l + q_n = \left\{ \frac{q_{кн} \cdot l + C_n \cdot Q_e}{Q_i + q_{кн} \cdot l} + \left[C_{мо} - \frac{q_{кн} \cdot l + C_n \cdot Q_e}{Q_i + q_{кн} \cdot l} \right] \right\} \times \exp\left(-\frac{Q_i + q_{кн} \cdot l}{V} \cdot t\right) \cdot Q_i. \quad (9)$$

Следуя принципу суперпозиции, в соответствии с формулами (2), (4), (7) и (9), получим формулу для определения величины газовыделения в призабойном пространстве при изменении расхода воздуха:

$$q_{np} = \left\{ C_x' + (C_{мо} - C_x) \cdot \exp\left(-\frac{q_{np} + Q_i}{V} \cdot t\right) \right\} \cdot Q_i,$$

где $C_x' = \frac{q_{np} + C_n \cdot Q_i}{q_{np} + Q_i}$ – концентрация метана в любой

точке лавы при переходном процессе.

Выводы. Таким образом, теоретические исследования, приведенные в данной работе, позволяют аналитически описать газодинамические процессы на выемочном участке угольной шахты по источникам их поступления при изменении расхода воздуха, протекающего через данный участок.

Аналитическое описание газодинамических процессов с учетом пропускной способности исполнительного устройства регулятора расхода воздуха, позволяет прогнозировать величину "всплеска" концентрации метана и по результатам натурного эксперимента определять качественные характеристики

проветривання при регулюванні расхода воздуха на выемочном участке угольной шахты.

Использование результатов данной работы при создании систем управления проветриванием добычных участков позволит улучшить условия труда горнорабочих и повысить его безопасность.

Список литературы

1. Абрамов Ф.А., Бойко В.А. Автоматизация проветривания шахт. – К.: Наук. думка, 1967. – 310 с.

2. Правила безпеки у вугільних шахтах: Затв. Наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці 16.11.04 № 257. – К., 2005. – 398 с.

3. Голинько В.И., Иконников М.Ю. Исследование переходных аэрогазодинамических процессов в шахтной вентиляционной сети // 36. наук. праць / НГУ. – 2006. – Т. 2, № 26. – С. 81-89.

4. Клебанов Ф.С. Воздух в шахте. – М., 1995. – 600 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бузилом 22.07.09

УДК 614.89

Д.І. Радчук

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ УМОВ НА ФІЛЬТРУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

Проаналізовано вплив температурних умов на виготовлення фільтрувальних матеріалів. Встановлено залежності впливу температур на опір фільтроматеріалу. Розроблено рекомендації щодо покращення отримання однорідності основних властивостей матеріалу.

Проанализировано влияние температурных условий на изготовление фильтрующих материалов. Установлены зависимости влияния температур на сопротивление фильтроматериала. Разработаны рекомендации по улучшению в получении однородности основных свойств материала.

Influence of temperature conditions on the filtering materials producing is analyzed. Dependences of temperature influence at filtering material resistance are established. Recommendations of improvement uniformity recipe of the basic material characteristics are developed.

Актуальність. Використання протиаерозольних респіраторів для захисту органів дихання було та залишається одним із шляхів у боротьбі з пиловою етімологією та пневмоконіозами. Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) поділяються на безліч класів за своєю конструкцією, формою, призначенням та умовам використання. Проте вони не можуть бути відгороджені від впливу навколишнього середовища. Тому вони як під час використання, так і під час виготовлення піддаються певному впливові факторів: температурі, атмосферному тиску, вологості, світлу. Однак найбільш важливе значення ці фактори відіграють не під час виготовлення чи використання респіраторів, а насамперед, під час виготовлення матеріалу, з якого буде зроблено ЗІЗОД.

На сьогоднішній день в усьому світі використовуються для виготовлення респіраторів різноманітні матеріали: ФПП, НФП, РФМ, спанбонд, елефлен, мелтблун, спанлейс та ін. Найбільш поширеними зараз є поліпропіленові фільтрувальні матеріали, в той час як перхлорвінілові типу ФП майже не використовуються, оскільки стають небезпечними для здоров'я людини після нагрівання до + 50 °С та вище. Треба зазначити, що за кордоном вже давно використовуються лише поліпропіленові фільтрувальні матеріали, тому перехід на полімерні фільтрувальні матеріали є обґрунтованим.

Вони в свою чергу характеризуються певними загальними властивостями: поверхневою щільністю, опором постійному потоку повітря та коефіцієнтом проникнення тест-аерозолю. Використання різноманітних комбінацій вищезгаданих параметрів призводить до виготовлення респіраторів різних класів. Процес виготовлення поліпропіленових фільтрувальних матеріалів принципово однаковий та змінюється за умови специфіки підприємства-виробника. Тому постає питання, які фактори впливають на процес виготовлення матеріалу для ЗІЗОД.

Постановка завдання. На сьогоднішній день існують два основні методи формування поліпропіленового волокна: з розчину та з розплаву полімеру. Перший має значні переваги, але технологічні недоліки заважають його впровадженню.

Процес отримання волокна з розплаву складається з наступних операцій: плавлення полімеру, формування волокон з розплаву, охолодження та фіксація волокон на приймальному пристрої.

Волокно отримують методом екструзії. Екструзія – це отримання виробів з полімерних матеріалів шляхом видавлювання розплаву полімеру крізь формуючу головку (філь'єру) потрібного профілю. Найбільш простим та поширеним є одношнековий екструдер без зони дегазації (рис. 1). Після завантаження полімеру в бункер він транспортується до більш гарячих

зон циліндру. Зі зменшенням глибини нарізки зменшується й об'єм витка, що призводить до стискання гранул, які розплавляються. Це покращує змішування полімеру та допомагає кращому розповсюдженню

тепла в розплаві. На останній зоні шнеку відбувається остаточна гомогенізація розплаву. Проте сам процес видування матеріалу відбувається через філь'єру, що встановлюється поза формуючою головкою [1].

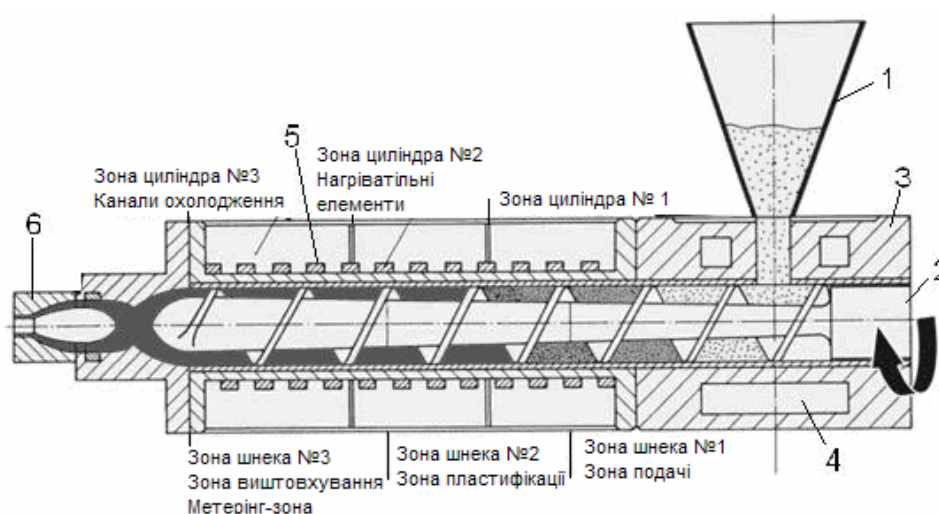


Рис. 1. Будова одношнекового екструдера: 1 – бункер; 2 – шнек; 3 – циліндр; 4 – порожнина для циркуляції води; 5 – нагрівач; 6 – формуюча головка

Розплавлений полімер надходить до філь'єри та через отвори різного діаметра подається в зону, де волокна витягуються гарячим повітрям. Діаметр отворів на філь'єрі залежить від того, що нам потрібно отримати на виході та з якою продуктивністю. Для покращення процесу подачі розплаву між філь'єрою та головкою ставиться дозуючий насос.

Підвищення температури розплаву зменшує його в'язкість, проте воно негативно впливає на параметри роботи установки. Прядильні машини з екструдером мають велику продуктивність, оскільки розплав полімеру подається примусово за допомогою черв'яка. Система подачі зменшує час перебування поліпропілену в зонах з високою температурою, тому добре вираженої деструкції полімерного ланцюга не спостерігається. Однак машини працюють на граничних температурах, що призводить до поступового згорання полімеру. Довготермінова дія високих температур призводить до зашлаковування частин установки, де проходить розплав, оскільки поліпропілен має високу зольність. Зашлаковування перешкоджає нормальній подачі розплаву до філь'єри, а тому і напильню на барабан. Через це в установках високі температури використовуються лише локально.

Робота установки не закінчується на використанні лише екструдера, оскільки виготовлення полімерного фільтрувального матеріалу це ланцюг процесів, якими керують досвідчені працівники. Загальна схема установки з виготовлення фільтрувального матеріалу наведена на рис. 2.

Найбільш поширеним способом витягування волокон є за допомогою гарячого потоку повітря, що рухається в напрямку подачі розплаву, або аеродинамічний спосіб формування матеріалу. Отримані полімерні волокна під час напильню на барабан витя-

гуються, переплітаються між собою та кристалізуються, утворюючи фільтрувальний матеріал. Якість отриманого матеріалу залежить від діаметру волокон, товщини шару та щільності упаковки. Матеріали з малим діаметром волокон (1-5 мкм.) можуть прийняти на себе великий статичний заряд (до 500 В), що значно покращує їх захисну ефективність, в той час як матеріали з великим діаметром волокон (більше 5 мкм.) поступаються своїми захисними показниками. Товщина фільтрувального шару є головним показником, що впливає на якість формування ЗІЗОД, оскільки форма респіратора залежить від жорсткості матеріалу, основу якого складає саме товщина. Щільність упаковки напряму залежить від діаметру волокон та впливає на величину опору постійному потоку повітря: зі збільшенням щільності упаковки, збільшується й величина опору [2].

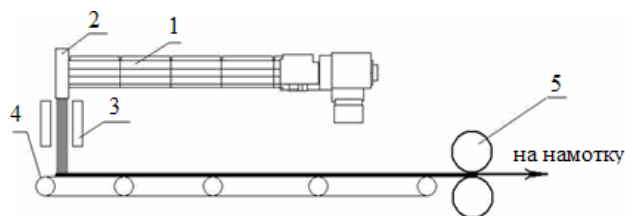


Рис. 2. Загальний вид машини з виготовлення фільтрувального матеріалу: 1 – екструдер; 2 – формуюча головка; 3 – витяжний пристрій (головка з гарячим повітрям); 4 – приймальний пристрій (конвеєр); 5 – намотувальний барабан

Отже, щоб отримати якісний фільтрувальний матеріал необхідно дотримуватись певного, чутливого до змін, температурного режиму. Хоча витягування

волокон відбувається за допомогою гарячого повітря, температура навколишнього повітря також бере участь у цьому процесі.

Методи досліджень. Опір фільтроматеріалу визначають за перепадом тиску, що виникає при проходженні повітряного потоку визначеного об'єму через матеріал.

Перепад тиску фіксується мікроманометром, а опір визначається за формулою

$$R = (n_i - n_0)K_I, \quad (1)$$

де n_i – відлік опору за мікроманометром, мм. вод. ст.; n_0 – власний опір мікроманометра, мм. вод. ст.; K_I – поправковий коефіцієнт на температуру та атмосферний тиск [3].

Результати досліджень. Для проведення досліджень з оцінки впливу температури взято період виготовлення фільтрувального матеріалу за півроку. Контролювались структура волокон (рис. 3), опір повітряному потоку, температури навколишнього середовища та по установці. За отриманими даними побудовано графік залежності опору постійному потоку повітря від температури навколишнього середовища (рис. 4). На побудованому графіку бачимо, що зі зростанням температури навколишнього середовища відбувається й зростання опору повітряному потоку

фільтрувального матеріалу. Це можна пояснити тим, що процес витягування волокон дуже залежить від температури гарячого повітря. Тому за низької навколишньої температури (-8 – +9 °C) волокна недостатньо витягуються, що призводить до збільшення діаметру волокон та зменшення початкового опору фільтрувального матеріалу.

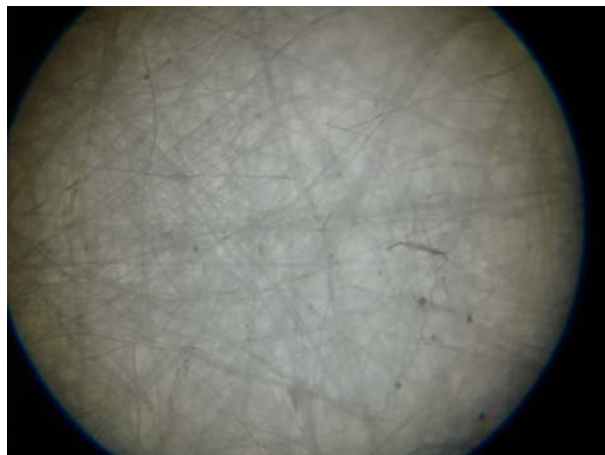


Рис. 3. Структура фільтрувального матеріалу

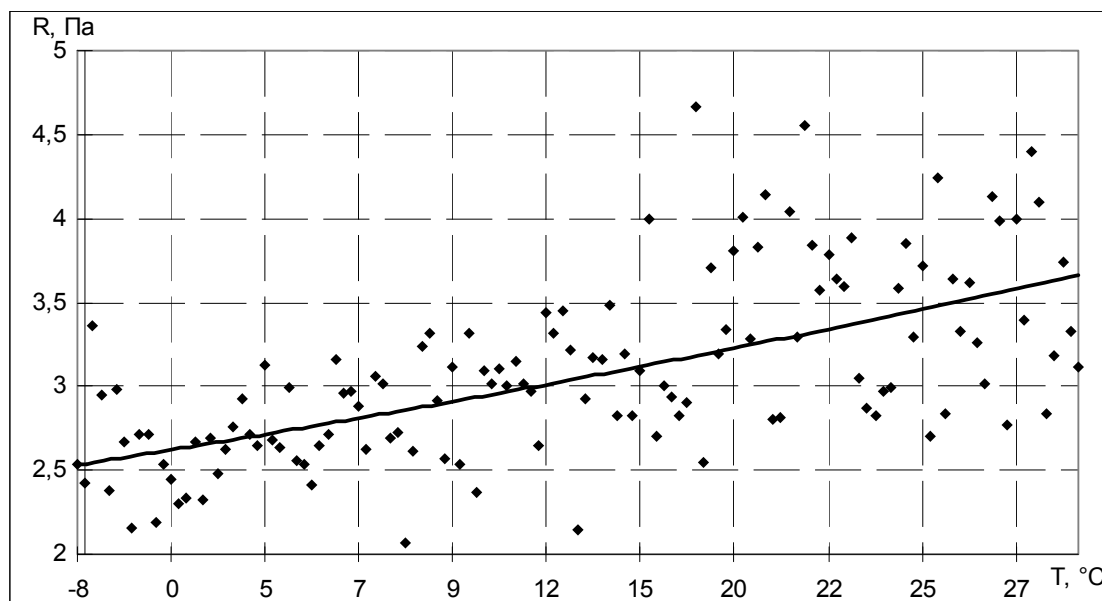


Рис. 4. Графік залежності опору постійному повітряному потоку від температури навколишнього середовища

Натомість, за високої навколишньої температури (+22 - +27 °C) величина опору значно збільшується, що пов'язано зі зменшенням діаметру волокон та збільшенням щільності упаковки.

Даний графік розраховується за формулою (2):

$$R = 0,009t + 2,5065, \quad (2)$$

де R – опір постійному повітряному потоку, Па; t – значення температури навколишнього середовища, °C.

На рис. 5 ми бачимо графік залежності опору постійному повітряному потоку від робочої температури

ри установки. Цей графік наочно показує вплив зміни опору фільтрувального матеріалу підчас коливань робочої температури.

Проте даний графік має наступну форму, що також можна розрахувати за формулою (3):

$$R = 4,5416t^{-0,1028}. \quad (3)$$

Отримані результати можна пояснити тим, що використовувані в роботі температури реєструвались як приладами так і людиною, до того ж установка не захищена від впливу факторів навколишнього середовища. Оператор установки є

головним елементом в процесі прийняття рішення щодо регулювання температур на установці. Проте отримані графіки свідчать, що навіть вплив людського чинника значно не впливає на загальну закономірність. Використовувані прилади також мають свою певну похибку, але й вона не значна.

Отже можна остаточно зробити висновок, що за умови витримки постійної відносної температури досягається рівномірність загальних показників фільтрувального матеріалу. Але це за умови плавного коливання температури навколишнього середовища.

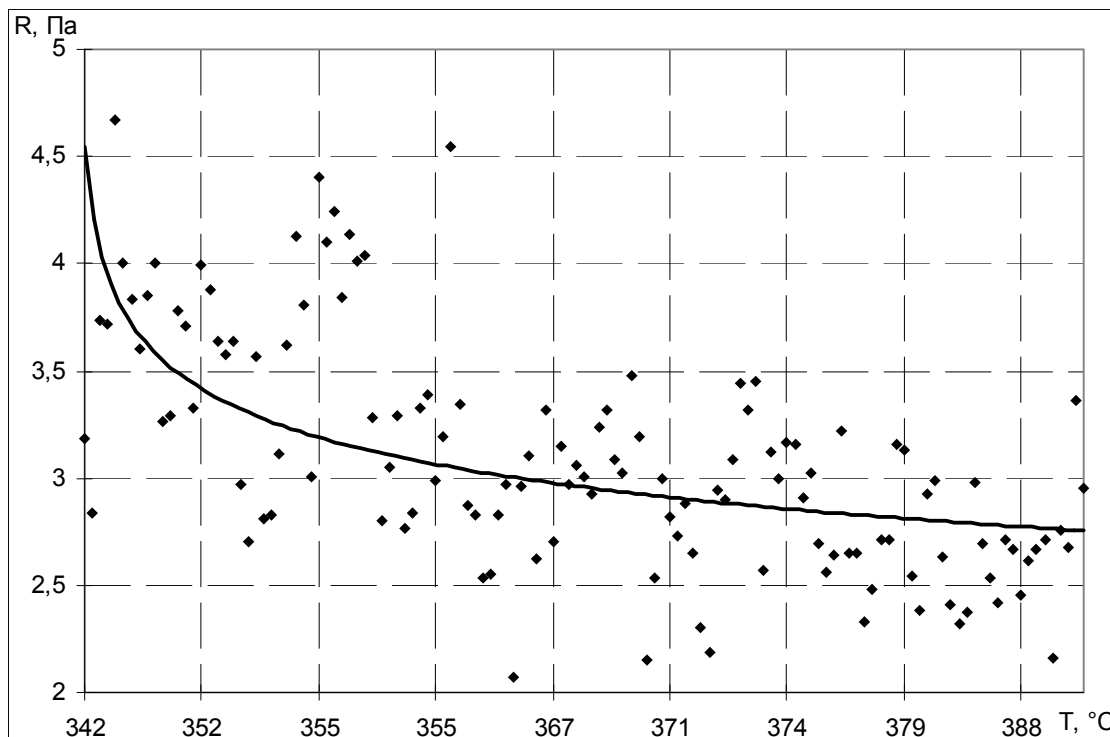


Рис. 5. Графік залежності опору постійному повітряному потоку від робочої температури установки

Висновки. Процес виготовлення фільтроматеріалу є досить чутливою операцією, що формується з великої кількості складових елементів. Ці елементи, в першу чергу, залежать від впливу певних факторів, таких як, температура повітря та робочі температури.

Рекомендаціями щодо покращення якості фільтрувального матеріалу є встановлення установок в приміщеннях з незначним річним коливанням температури та постійного нагляду за величиною зміни температур. Це можна забезпечити встановленням установок в камери, де буде зберігатись постійна температура, тобто встановлено охолоджуючі та нагрівальні прилади. Наступним кроком в покращенні ситуації є постійне зростання кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Проте впровадження наданих рекомендацій є довготерміновим процесом, тому можливим варіантом в збереженні постійних параметрів фільтрувального

матеріалу є незначне коливання щільності. Значення зміни питомої ваги матеріалу визначається за формулами та відповідно коригується.

Список літератури

1. Полипропилен. Под ред. В.И. Пилиповского и И.К. Яйцева. – Л.: Химия, 1967. – 316 стр.
2. «Лепесток» (Легкие респираторы) / И.В. Петрянов, В.С. Кошечев, П.И. Басманов, Н.Б. Борисов и др. – М.: Наука, 1984. – 216 с.
3. РНД 37.001-2001. Методика выполнения измерений сопротивления постоянному потоку воздуха фильтрующих коробок к противогазам и респираторам, респираторов, фильтров респираторов и фильтрующих материалов.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голіньком 09.09.09

КОБАЛЬТ И ВАНАДИЙ В УГЛЕ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПЛАСТОВ АЛМАЗНО-МАРЬЕВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ДОНБАССА

Розглянуто особливості розподілу Co та V у вугільних пластах Алмазно-Мар'ївського геолого-промислового району. Встановлено характер розподілу, виконано розрахунки середньозважених концентрацій у вугіллі основних пластів та світ, з'ясовано склад типоморфної геохімічної асоціації Co та V з іншими токсичними і потенційно токсичними елементами у вугіллі району.

Рассмотрены особенности распределения Co и V в угольных пластах Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района. Установлен характер распределения, выполнен расчет средневзвешенных концентраций в углях основных пластов и свит, выявлен состав типоморфной геохимической ассоциации Co и V с другими токсичными и потенциальными элементами в углях района.

The peculiarities of Co and V distribution in the coal strata of Almazno-Marievsky geological and industrial district have been considered in the article. There was defined the character of distribution, calculated weighted average concentrations in the coals of basic strata and formations, determined the composition of typomorphic geochemical association of Co and V with other toxic and potentially toxic elements in the coals of the district.

Исследования распределения кобальта и ванадия в углях основных рабочих пластов Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса связаны с повышением требований к охране окружающей среды, обуславливающих потребность в новых научно обоснованных методах прогноза содержания токсичных и потенциально токсичных элементов в добываемой шахтами горной массе, отходах добычи и углеобогащения. Для объективной оценки воздействия угледобывающей промышленности и предприятий теплоэнергетики на экологическую ситуацию и планирования наиболее эффективных мероприятий, направленных на ее улучшение, необходимо располагать сведениями о характере распределения и уровне концентрации токсичных элементов в углях и вмещающих породах, извлекаемых в процессе добычи. С целью получения такой информации в Национальном горном университете были выполнены детальные исследования, охватившие всю территорию Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района. Ранее В.В. Ишковым совместно с А.И. Чернобук, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецким [1, 2] исследованы особенности распределения некоторых токсичных и потенциально токсичных элементов в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогачительных фабрик Донбасса, а также совместно с А.Л. Лозовым [3] рассмотрены особенности распределения основных токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пластов Павлоград-Петропавловского района. В 2005 г. в соавторстве с В.Н. Нагорным были обобщены и проанализированы данные о закономерностях накопления ртути в угольных пластах Красноармейского района [4]. В то же время совместное распределение кобальта и ванадия в углях пластов Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района рассматривается впервые.

Основными задачами, которые решаются в данной работе, являлись: ревизия выполненных ранее

исследований концентраций кобальта и ванадия в углях основных рабочих угольных пластах; классификация этих пластов по содержанию кобальта и ванадия; выявление связи и расчет уравнений регрессии между концентрациями этих элементов, а также другими основными токсичными и потенциально токсичными элементами, петрографическим составом углей и их основными технологическими параметрами.

Используемый фактический материал характеризует содержание кобальта и ванадия в углях 46 пластов относящихся к свитам C_2^3 (пласты h_6, h_7, h_{10}^1 и h_{11}), C_2^5 (пласты $k_2^1, k_3^1, k_3^u, k_3, k_3^e, k_4, k_5, k_5^1, k_5^2, k_6, k_7^1, k_8^u$ и k_8), C_2^6 (пласты $l_1, l_2, l_2^1, l_3, l_4, l_4^e+l_4^u, l_4^e, l_5, l_6^u, l_6, l_6^e+l_6^u, l_6^e, l_7^e+l_7^u, l_7, l_8^u, l_8^e+l_8^u, l_8$ и l_8^e) и C_2^7 (пласты $m_3, m_3+m_3^u, m_4, m_5^1, m_6, m_6^1, m_6^2, m_6^3, m_8$ и m_9) среднего отдела каменноугольного периода. Именно по этим пластам были получены наиболее представительные (более 33 анализов, удовлетворяющих требованиям правильности и воспроизводимости [5, 6] и относительно равномерно распределенные по площади) результаты. В целях получения наиболее объективных и однородных данных в работе использовались в основном результаты полуколичественных и количественных анализов углей керновых проб полей шахт «Вергелевская», «Ломоватская», «Анненская», «Замковская», «Краснопольевская», «Брянковская», «им. Ильича», «им. Чеснокова», «Максимовская», «Центральная Ирмино», «им. Менжинского», «им. Кирова», «Бежановская», «Первомайская», «Горская», «Радуга», «Карбонит», а также их резервных блоков и участков, которые были выполнены после 1983 г. в центральных сертифицированных лабораториях геологоразведочных организаций, в ряде случаев они дополнялись анализами пластово – дифференцированных проб отобранных лично или совместно с сотрудниками геологических служб производственных геологоразведочных и добывающих организаций.

После первичного анализа и разбраковки качественных и количественных характеристик правильности и воспроизводимости результатов анализов в дальнейшей работе было использовано 1858 определений кобальта и 1640 определений ванадия в углях района. С целью получения представительных оценок содержания кобальта и ванадия в углях, как отдельных пластов, свит, так и в целом по району единичные определения были объединены по отдельным пластам в 46 пообъектных выборок, а дальнейший расчет средних значений концентраций выполнялся как средневзвешенное на объем пласта. При расчетах объема принималась средняя мощность в пределах пласта, а площади достоверно установленных размывов и выклинивания не учитывались.

В целях классификации угольных пластов района по содержанию кобальта и ванадия была выполнена проце-

дура кластерного анализа. Использование кластерного анализа имеет ряд преимуществ, так как позволяет выполнить разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в соответствующем понимании группы или кластеры, а также выявить их внутреннюю структуру (на разных иерархических уровнях) в изучаемой выборочной совокупности. В связи с этим в данной работе использовался, как наиболее эффективный взвешенный центроидный метод, а в качестве меры сходства – евклидовое расстояние между средневзвешенными содержаниями рассматриваемых элементов в углях пластов. Как показано в [7], такой подход является наиболее эффективным и позволяет не только установить количество результирующих кластеров, но и выявить их структуру. Результаты кластерного анализа концентраций кобальта в угле пластов района взвешенным центроидным методом приведены на рис. 1, а ванадия – на рис. 2.

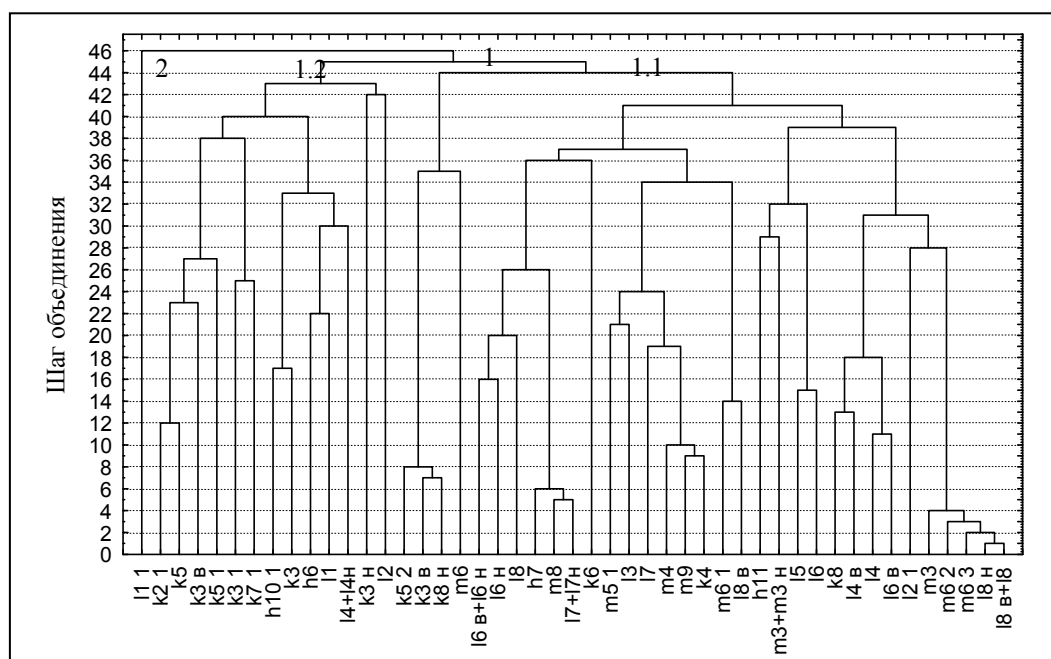


Рис. 1. Дендрограмма результатов кластеризации взвешенным центроидным методом угольных пластов по содержанию кобальта в угле

На дендрограмме кластеризации пластов по содержанию кобальта в угле (см. рис. 1) первый кластер составляют пласты со средневзвешенным содержанием от 0 до 13 г/т, при среднем по кластеру, которое соответствует средневзвешенному содержанию в углях района, – 4,7 г/т, второй кластер формирует только пласт l_1^1 с аномально высокими концентрациями (средневзвешенное значение по пласту – 75 г/т). В структуре первого кластера четко выделяются два вложенных кластера. В кластере 1.1 находятся 33 пласта с минимальными содержаниями (от 0 до 6,6 г/т, при средневзвешенном значении концентрации кобальта в углях по кластеру (которое соответствует фоновому значению в углях района) 3,9 г/т), а в кластере 1.2 объединены 13 пластов с повышенными концентрациями (от 7 до 13 г/т, при средневзвешенном значении по кластеру 8,7 г/т).

На дендрограмме кластеризации пластов по содержанию ванадия (см. рис. 2) первый кластер составляют 45 пластов со средневзвешенными пластовыми содержаниями от 5 до 82 г/т, при среднем по кластеру 31,2 г/т, а второй кластер – пласт k_3^h с максимальными средневзвешенными концентрациями элемента в углях района – 135 г/т. Анализ структуры первого кластера позволяет в свою очередь выделить в нем вложенные кластеры 1.1, 1.1.1, 1.1.2 и 1.2. Для кластера 1.1, объединяющего 31 пласт, рассчитанные средневзвешенные пластовые содержания ванадия в угле варьируют от 5 до 49,1 г/т, при средневзвешенном по кластеру 29,7 г/т. Кластеры 1.1.1 и 1.1.2, входящие в его состав, объединяют пласты с характерными изменениями средневзвешенных концентраций ванадия от 5 до 31,7 г/т (при среднем значении 22,9 г/т) и от 36,6 до 49,1 г/т (при среднем значении

41,4 г/т). В кластер 1.2 объединены всего 5 пластов с повышенной концентрацией. Их среднепластовые

содержания колеблются от 65 до 82 г/т, при средне-взвешенном значении по кластеру 70,1 г/т.

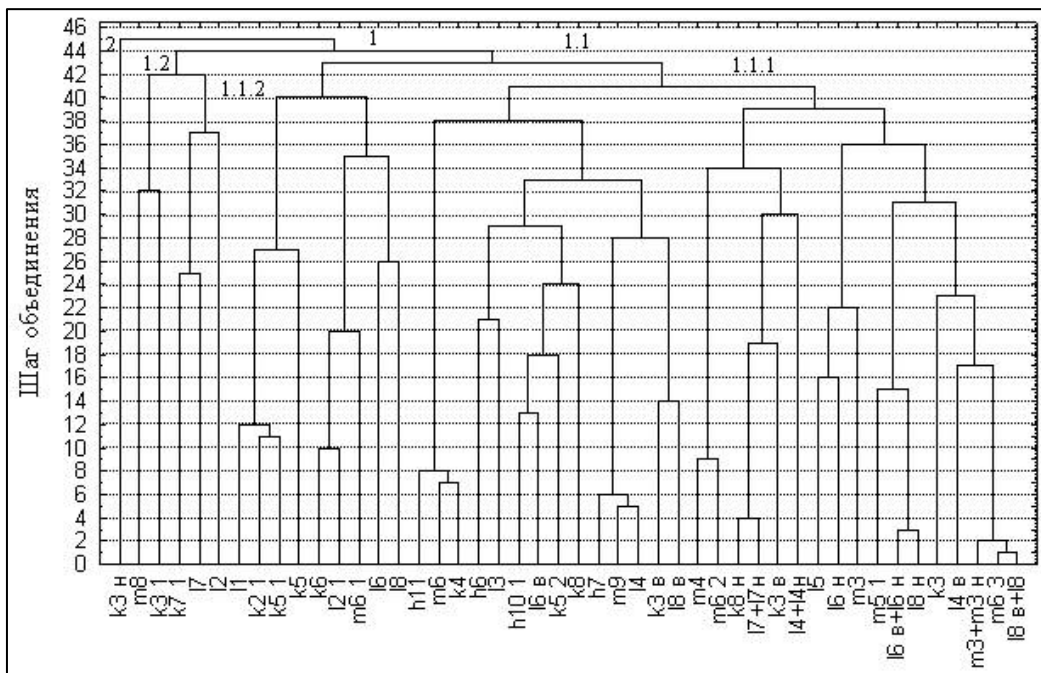


Рис. 2. Дендрограмма результатов кластеризации взвешенным центроидным методом угольных пластов по содержанию ванадия в угле

Для выявления основных факторов, контролирующих накопление кобальта и ванадия в углях района, а также связи этих элементов с другими основными токсичными и потенциально токсичными элементами был выполнен корреляционный и регрессионный анализы концентраций рассматриваемых элементов с основными технологическими показателями, содержаниями токсичных и потенциально токсичных элементов, а также петрографическим составом и особенностями углей. В целом по району установлено:

1. Кобальт образует геохимическую ассоциацию с фтором (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,42, график регрессии на рис. 3), свинцом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,45, график регрессии на рис. 4), никелем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,43, график регрессии на рис. 5), ванадием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,64, график регрессии на рис. 6) и хромом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,52, график регрессии на рис. 7). Линейные уравнения регрессии, характеризующие связи кобальта с входящими в ассоциацию элементами:

$$Co = 0,06212 + 0,28274 \cdot F; Co = 0,01967 + 0,24697 \cdot Pb;$$

$$Co = 0,02034 + 0,22225 \cdot Ni; Co = 0,04153 + 0,13243 \cdot V$$

$$Co = 0,04705 + 0,10876 \cdot Cr.$$

2. Ванадий формирует геохимическую ассоциацию с фтором (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,44, график регрессии на рис. 8), свинцом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,67, график регрессии на рис. 9), никелем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,81, график регрес-

сии на рис. 10) и кобальтом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,64, график регрессии на рис. 11). Линейные уравнения регрессии ванадия с входящими в ассоциацию элементами:

$$V = 0,18622 + 0,39637 \cdot F; V = 0,07339 + 0,51371 \cdot Pb;$$

$$V = 0,02097 + 0,62460 \cdot Ni; V = -0,0004 + 3,0703 \cdot Co.$$

3. В целом по району статистически значимая связь содержания кобальта и ванадия с сернистостью, зольностью и петрографическим составом углей отсутствует, в то время как для пластов, формирующих кластеры 1.2 и 2, выявлена значимая положительная связь содержания этих элементов с количеством диагенетической сульфидной минерализацией, зольностью, содержанием глинистых минералов и фюзенизированных микрокомпонентов.

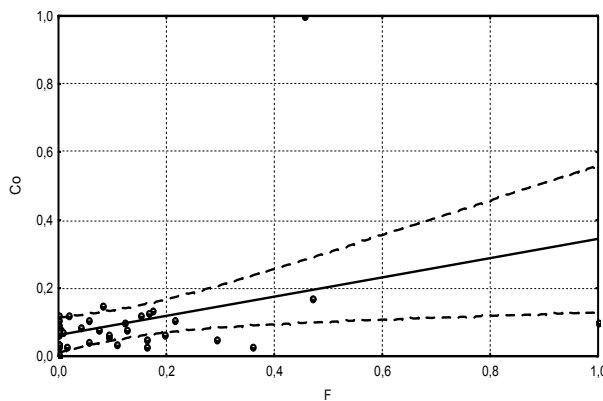


Рис. 3. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями кобальта и фтора в угле основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

4. На площади большинства участков пластов с повышенными концентрациями кобальта и ванадия (с использованием метода Червякова В.А. [8]) выявлена значимая положительная корреляционная связь этих элементов с содержанием CaO и TiO_2 в составе золы углей.

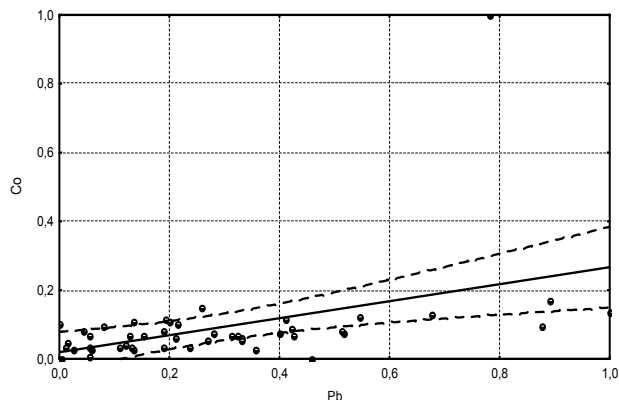


Рис. 4. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями кобальта и свинца в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

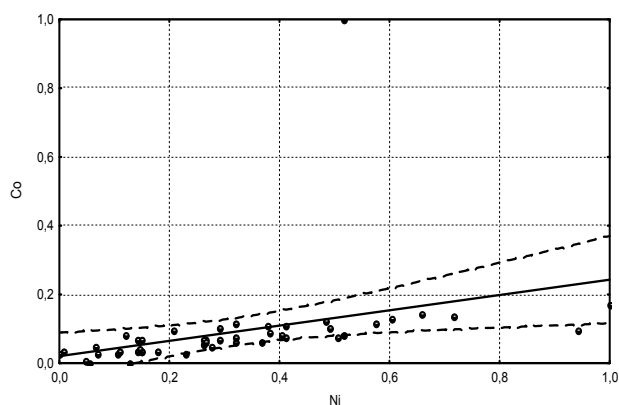


Рис. 5. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями кобальта и никеля в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

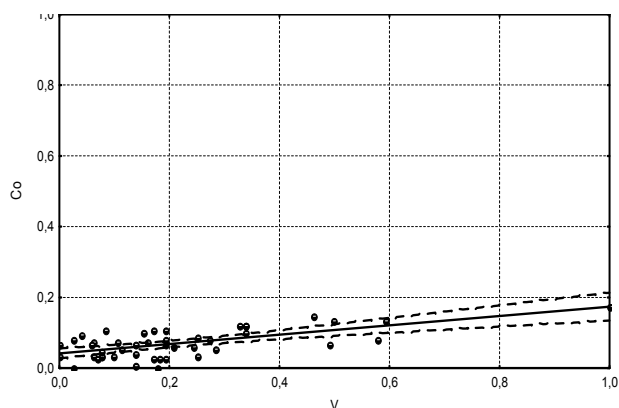


Рис. 6. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями кобальта и ванадия в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

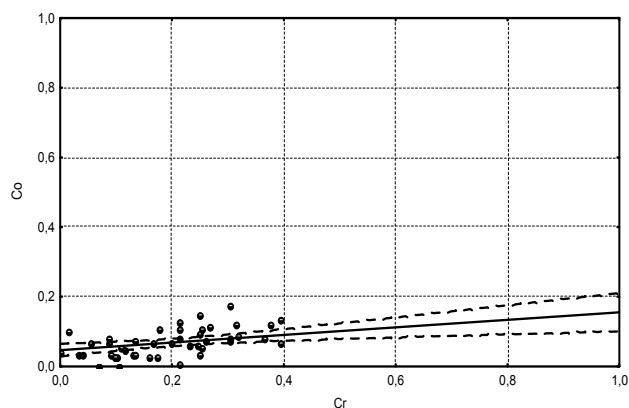


Рис. 7. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями кобальта и хрома в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

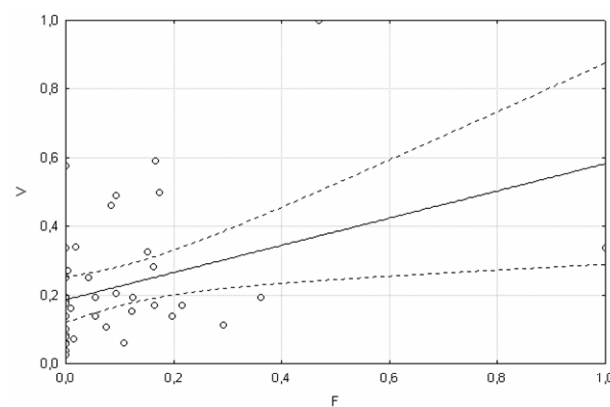


Рис. 8. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями ванадия и фтора в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

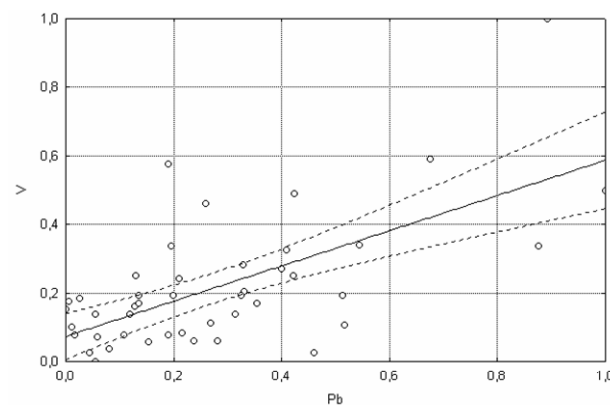


Рис. 9. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями ванадия и свинца в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

5. В целом по району во всех исследованных пластах наблюдается незначительное увеличение содержания кобальта и ванадия с ростом степени углефикации угля.

6. В угле всех рассматриваемых пластов концентрации кобальта незначительно возрастают, а

ванадия снижаются на участках с повышенной трещиноватостью, которые непосредственно прилегают к зонам разрывных нарушений.

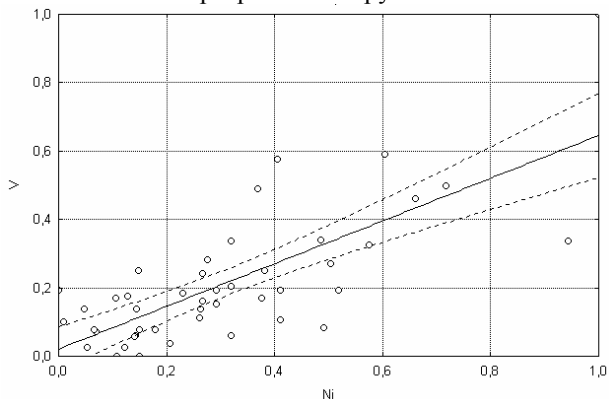


Рис. 10. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями ванадия и никеля в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

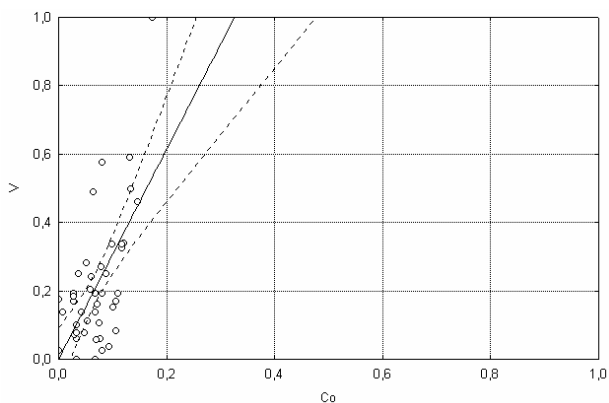


Рис. 11. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями ванадия и кобальта в угле в основных рабочих пластах Алмазно-Марьевского района

7. Содержания кобальта и ванадия в угле пластов формирующих соответственно кластеры 1.2, 2 и 1.1.2, 1.2, 2, статистически связаны обратной зависимостью с их мощностью. Причем, обычно в разрезе пластов наблюдается резкое увеличение концентрации этих элементов в прикровельной части.

8. Существенное влияние на содержания кобальта и ванадия в углях района оказывают литолого-фациальные особенности пород непосредственной кровли пластов. Их концентрации существенно возрастают при перекрытии пластов песчаниками, известковыми аргиллитами, алевролитами, относящимися к прибрежно-морским фациям, или известняками.

9. Угли с повышенными концентрациями кобальта и ванадия при одинаковой степени углефикации статистически значимо отличаются большей спекаемостью, теплотой сгорания, выходом смолы коксования и полукоксования, повышенным выходом летучих веществ, меньшей механической прочностью, степенью разложения гелифицированного вещества и в целом являются более восстановленными.

10. Средневзвешенные содержания кобальта и ванадия в углях исследованных пластов по свитам: C_2^3 5,4 и 27,8 г/т, C_2^5 6,1 и 36,4 г/т, C_2^6 5,4 и 30,1 г/т, C_2^7 3,2 и 24,5 г/т, а в целом по району 5,4 и 31,3 г/т.

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие основные выводы:

Из всех исследованных пластов только средневзвешенные содержания кобальта в угле пласта I_1^1 и ванадия в угле пласта k_3^H превышают ПДК.

Для углей района типоморфной является геохимическая ассоциация кобальта с фтором, свинцом, никелем, ванадием, хромом и ванадия с фтором, свинцом, никелем и кобальтом. Установленная значимая положительная корреляционная связь кобальта и ванадия с содержанием CaO и TiO_2 в составе золы углей, а также их участие в характерной «ванадиевой» геохимической ассоциации элементов-примесей позволяет предположить, что доминирующей формой кобальта и ванадия в углях района является органическая. Возможность ее существования доказана экспериментально [9]. В то же время выявленная положительная статистическая связь содержаний этих элементов в угле пластов, формирующих кластеры 1.2 и 2, с количеством диагенетической сульфидной минерализацией, зольностью, содержанием глинистых минералов, а также фюзенизированных микрокомпонентов свидетельствует о реальности вклада минеральной и сорбционной формы в их накопление.

Накопление основной части кобальта и ванадия содержащегося в углях района, происходило на стадиях торфонакопления и раннего диагенеза.

Приуроченность повышенных концентраций рассматриваемых элементов к прикровельной части пласта, связь их содержаний с литолого-фациальными особенностями пород непосредственной кровли, степенью восстановленности угля, а также присутствие в их геохимической ассоциации фтора (с его значительной талассофильностью) свидетельствует об их преимущественном поступлении в бассейн торфонакопления из морских вод в процессе быстрой трансгрессии.

Обратная статистическая связь концентраций кобальта и ванадия в угле пластов, находящихся соответственно в кластерах 1.2, 2 и 1.1.2, 1.2, 2, с их мощностью также указывает на большую тектоническую подвижность области торфонакопления.

Основное научное значение полученных результатов заключается в расчете средневзвешенных концентраций этих элементов в углях основных пластов и свит, выявление состава и характера их типоморфных геохимических ассоциаций, а также установление причин и особенностей их накопления в углях района.

Основное практическое значение полученных результатов состоит в классификации угольных пластов района по содержанию кобальта и ванадия, а также в расчете уравнений регрессии между элементами, входящими в их геохимические ассоциации.

Список литературы

1. Ишков В.В., Чернобук А.И., Дворецкий В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Краснолиманской ЦОФ // Научный вестник НГАУ. – 2001. – № 5. – С. 84-86.
2. Ишков В.В., Чернобук А.И., Михальчонок Д.Я. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Добропольской ЦОФ // Научный вестник НГАУ. – 2001. – № 4. – С. 89-90.
3. Ишков В.В., Лозовой А.Л. О закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград-Петропавловского района // Научный вестник НГАУ. – 2001. – № 2. – С. 57-61.
4. Ишков В.В., Нагорный В.Н. О закономерностях накопления ртути в угольных пластах Красноармейского геолого-промышленного района // Научный вестник НГАУ. – 2005. – № 2. – С. 84-88.
5. Гавришин А.И. Оценка и контроль качества геохимической информации. – М.: Недра, 1980. – 287 с.
6. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1981. – 335 с.
7. Ишков В.В., Сердюк Е.А., Слипенький Е.В. Особенности применения методов кластерного анализа для классификации угольных пластов по содержанию токсичных и потенциально токсичных элементов (на примере Красноармейского геолого-промышленного района) // Сб. науч. тр. НГУ. – 2003. – № 19, Т. 1. – С. 5-16.
8. Червяков В.А. Концентрация поля в современной картографии. – М.: Наука, 1978. – 149 с.
9. Манская С.М., Дроздова Т.В. Геохимия органического вещества. – М.: Наука, 1964. – 315 с.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. В.М. Нагорним 25.07.09

УДК 549.08:552.5

В.В. Иванченко, Н.Р. Журавель, Т.П. Нестеренко

МИНЕРАЛИ ЗАЛІЗА В СУЧАСНОМУ ОСАДКУ РІКИ ІНГУЛЕЦЬ

Наведено характеристику головних рудних мінералів донного осаду: магнетиту, гематиту, гетиту, а також рідкісної знахідки – металевого заліза. Визначено основні джерела надходження рудних мінералів: кори вивітрювання залізних руд і гірських порід, продукти збагачення, відходи металургійного виробництва. Висвітлено екологічне і пошукове значення мінералів заліза у складі сучасних річкових осадків.

Приведена характеристика главных рудных минералов донных осадков: магнетита, гематита, гетита, а также редкостной находки – металлического железа. Определены основные источники поступления рудных минералов: коры выветривания железных руд и горных пород, продукты их обогащения, отходы металлургического производства. Показано экологическое и поисковое значение минералов железа в составе современных речных осадков.

Characteristics of main ore minerals of bottom sediments such as magnetite, hematite, goethite, as well as a rare find a metallic iron are given. General sources of ore minerals are identified such as natural ores and rocks, their processing products, metallurgical production wastes. Ecological and prospecting values of iron minerals in the composition of contemporary river sediments are shown.

Вступ. Донні осади проточної водойми є однією з головних інформативних складових екосистеми, що віддзеркалює всю сукупність фізичних, хімічних та технологічних процесів, які відбуваються на водозбірній території. В них здійснюється взаємозв'язок процесів мобілізації, надходження та накопичення природних і техногенних компонентів.

Мінеральний склад донних осадків р. Ингулец вивчали багато дослідників. Вони встановили присутність значної кількості мінералів заліза, що є природним для річки та її приток, які перетинають виходи порід залізо-кременистої формації криворізької серії [1]. Геологічна будова водозбірної площі р. Ингулец детально висвітлена в роботах [2-4]. Показано, що залізні руди відслонюються по берегах річок, а також потрапляють у зону дії гіпергенних факторів, утворюючи на водозбірній території річки потужні

площадні та лінійні кори вивітрювання. Дослідження останніх років виявили наявність і постійний ріст вагомості інших, не природних, джерел постачання залізних мінералів до річкових відкладів, а саме відвалів, хвостосховищ, карт-відстійників і територій промислових підприємств [5]. У порівнянні з природними утвореннями (гірськими породами і залізними рудами), вони вивчені значно менше. Не визначеними залишаються механізм і масштаби їх впливу на стан сучасного геологічного середовища і формування геохімічних аномалій заліза у складі річкових утворень, які можуть мати комплексний характер. Дослідження рудних мінералів у складі осаду р. Ингулец, виконані авторами даної роботи, можуть надати додаткову інформацію з цього приводу.

Робота виконана з метою визначення джерел надходження мінералів заліза до річкового осаду та

встановлення можливості використання їх як пошукових критеріїв та індикаторів екологічного стану водозбірної території.

Методика дослідження. Проби для мінералогічного аналізу за методикою [6] відбирали у трьох зонах Інгульця: 1 – найбільш віддаленій від промислових підприємств Криворізького басейну (від дамби Іскрівського водосховища на півночі до с. Лозуватка на півдні); 2 – зоні поширення та видобутку залізних руд Криворізького басейну (від с. Лозуватка на півночі до с. Інгулець на півдні); 3 – нижче Криворізького басейну за течією ріки (від с. Інгулець на півночі до гирла р. Інгулець на півдні). В кожній із них в перетині річища пройшли кілька профілів опробування. Всього закладено 5 профілів: с. Іскрівка, б. Грушевата, с. Рахманівка, м. Снігурівка, с. Садове. Досліджували проби верхнього 30-тисантиметрового шару осаду під бінокляром у важкій магнітній і електромагнітній фракціях, а також за допомогою поляризаційного і рудного мікроскопів в прозорих і полірованих шліфах.

Результати досліджень річкового осаду свідчать, що мінерали заліза знаходяться в ньому у вигляді літо- і кристалокластів різного походження.

Псефітові частки осаду складені продуктами розмиву кори вивітрювання порід Криворізької серії: залізистих і слюдяних кварцитів, мартитових, гетит-мартитових і гідрогетит-гетитових руд, сланців, бурих залізників, магнетитових і магнетит-мартитових пісковиків, жильних і інших утворень, у вигляді обкатаних зерен, плямисто забарвлених у жовтий, червоний та бурий кольори, внаслідок мартитизації магнетиту, заміщення силікатів гідрооксидами заліза і гіпергенної маршалітизації кварцу (рис. 1, 2).

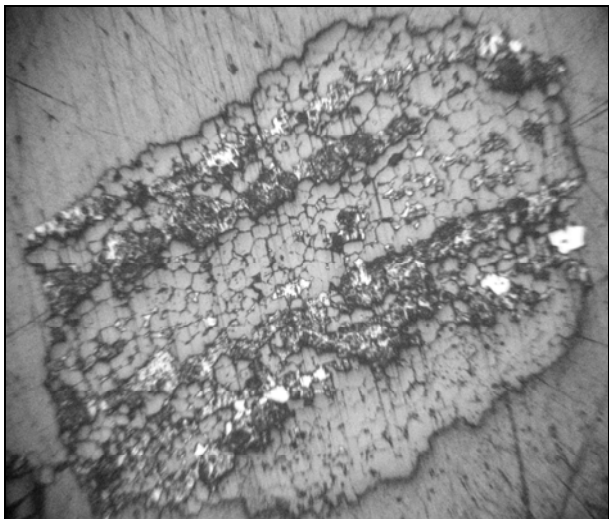


Рис. 1. Частково обкатане зерно тонкошаруватого маршалітизованого гетит-мартитового кварциту в сучасному осадку р. Інгулець. Профіль с. Рахманівка. Полірований шліф. Збільшення 30X

Зерна залізистих пісковиків і алевролітів мають розмір 0,5-3 мм. Форма їх округла, рідко кутааста. Серед уламків у їх складі домінують зерна розміром від

0,01 до 1,5 мм, що складаються з залізистих кварцитів, а також розкритих зерен магнетиту, гематиту, гетиту. Цемент глинисто-алевритовий, містить кварц, гетит, карбонат, каолінит. Магнетитові пісковики магнітні. Частина їх принесена в річище внаслідок розмиву древніх осадкових порід, але зустрічаються і річкові новоутворення. Вони є результатами літифікації (ущільнення, зневоднення і цементації) донних річкових відкладів. Утворюються локально, як продукти діагенезу річкового осаду. Це призводить до зміни первинного гранулометричного складу річкових відкладів. Гравійні новоутворення консервують у своєму складі магнетит, гематит та інші рудні мінерали (рис. 3).

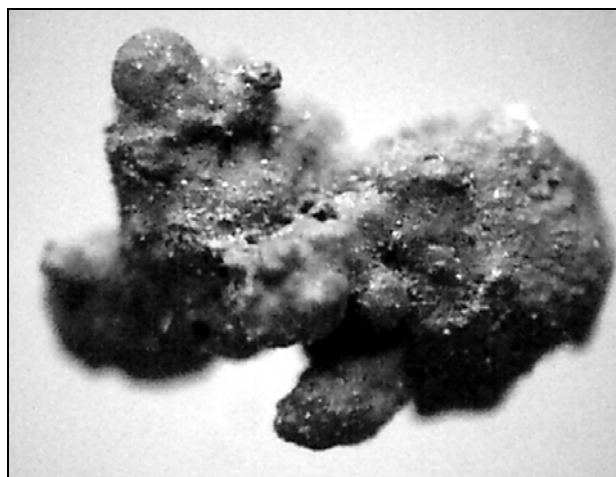


Рис. 2. Натічний агрегат бурого залізняка. Профіль р. Інгулець біля с. Інгулець. Бінокляр. Збільшення 50X

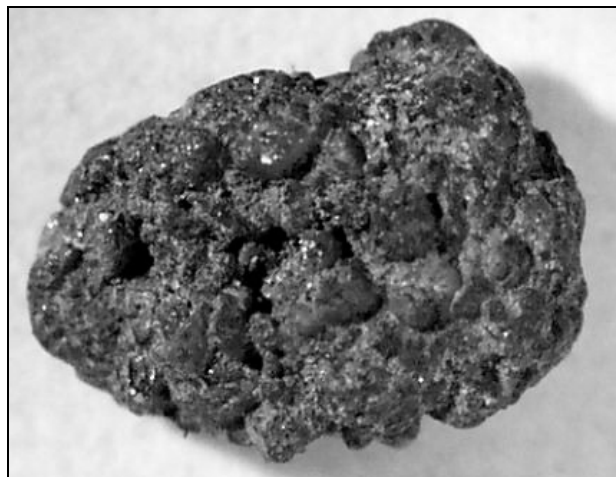


Рис. 3. Гравійна частка магнетитового пісковика в осадку р. Інгулець. Профіль б. Грушевата. Бінокляр. Збільшення 25X

Розповсюдженість кварцитів і залізних руд серед уламків осаду р. Інгулець нерівномірна. У північному і південному районах вони іноді зустрічаються у незначних кількостях. Центральний район характеризується великим вмістом різних за мінеральним складом кварцитів.

Мінерали заліза у вигляді розкритих зерен дуже поширені у псамітовій і алевритовій складових сучасного осаду р. Інгулець. Вони складені магнетитом, гематитом (мартитом, залізною слюдкою), гетитом (рис. 4, 5), лепідокрокітом, гідрогематитом (емульсійним гематитом). Магнетит, мартит, гетит у вигляді стяжінь накопичуються в середній течії Інгульця, поблизу відслонень вивітрених порід Криворізької серії. Луски залізної слюдки і гетиту переносяться течією на сотні кілометрів, до гирлових ділянок річки.

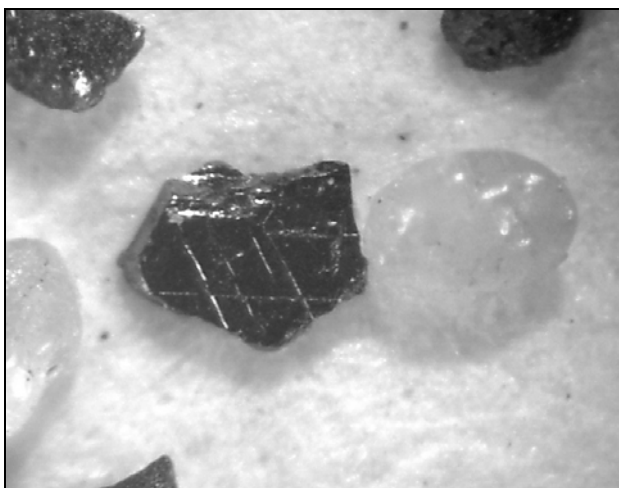


Рис. 4. Частково обкатаний лускуватий кристал залізної слюдки з штриховкою на гранях пінакоїду, а також кварц в осадку р. Інгулець. Профіль м. Снігурівка. Бінокуляр. Збільшення 50X

Пелітоморфні виділення рудних мінералів у вигляді включень входять до складу пойкилітових кристалів головних породоутворюючих мінералів: кварцу, силікатів, карбонатів тощо. В них магнетит супроводжується асоціацією гіпергенних новоутворень мартиту, гетиту, гідрогематиту (рис. 6). Гідроокиси заліза у вигляді тонкодисперсного завису накопичуються в прибережних і заплавних фаціях річки.



Рис. 5. Грудувате зерно і стяжіння гетиту. Осадок р. Інгулець в районі м. Кривий Ріг. Бінокуляр. Збільшення 60X



Рис. 6. Включення пелітоморфного магнетиту, рідини і газу в кристалах гідротермального (зліва) і метаморфогенного кварцу. Осадок р. Інгулець. Поблизу с. Інгулець. Імерсія. Збільшення 100X

Заслугує уваги присутність в осадку незмінених (неокислених) різновидів порід і руд залізисто-кременистої формації. Серед уламків кварцитів домінують «свіжого» вигляду кутасті частки малорудних (бідних) відмін – червоно-шаруваті, сіро-шаруваті, світло-сірі (рис. 7). У їх складі відмічається кварц, магнетит, незмінні зерна силікатів і сульфідів. За даними ознаками вони відповідають бідним магнетит-кварцовим зросткам, що накопичилися у хвостосховищах гірничо-збагачувальних комбінатів, розміщених в долині р. Інгулець.

Зерна техногенно перетворених (подрібнених, збагачених і переміщених) залізистих кварцитів магнітні. Завдяки цьому у профілях б. Грушевата, с. Рахманівка, с. Інгулець (найбільш збагачені кварцитами ділянки річки) до 57% осаду потрапляє у магнітну фракцію проби і лише 43% – у електромагнітну і немагнітну. Останні складаються з кварцових, силікатних і «малорудних» прошарків кварцитів [6].

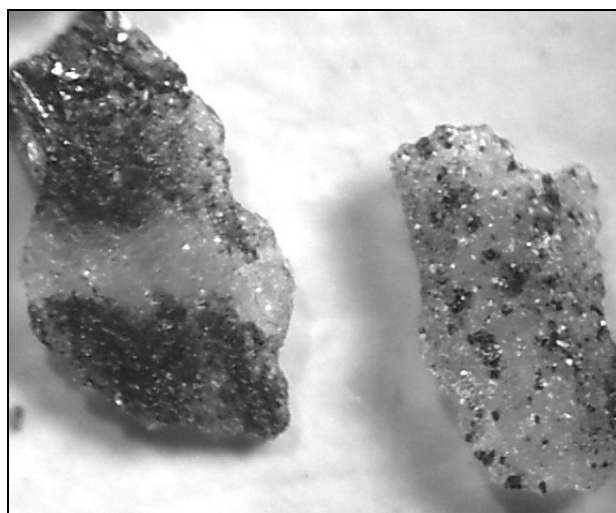


Рис. 7. Кутасті уламки незмінених магнетитових кварцитів в сучасному осадку р. Інгулець. Профіль біля с. Рахманівка. Бінокуляр. Збільшення 40X

У багатьох ділянках річки осадок містить компоненти, які утворилися на металургійних підприємствах міста і регіону (шлак, корольки металевго заліза, шламові зерна, луски металургійного графіту, відходи вогнетривів); залишки від спалювання енергетичної сировини (скляні та магнітні кулі, кокс, зола вугілля та ін.); частки бітумів і інших нафтопродуктів.

Зерна шлаку (рис. 8) пористі, темно-сірі до чорного кольору. Зустрічаються як в магнітних, так і в немагнітних фракціях осаду. Немагнітні представлені видовженими скрученими скляними частками гранульованого доменного шлаку. Магнітні мартенівські і конвертерні шлаки містять шаруваті глобули металевго заліза і оксидів в основній масі девітріфікованого металургійного скла. Шлакові частки масово з'являються в осадку в районі б. Грушеватаї, де розміщені численні карти, шламосховища і відвали металургійних шлаків. Нижче за течією, в районі с. Інгулець зустрічаються вивільнені з шлаку дрібні корольки металевго заліза, характерної вузлуватої будови.

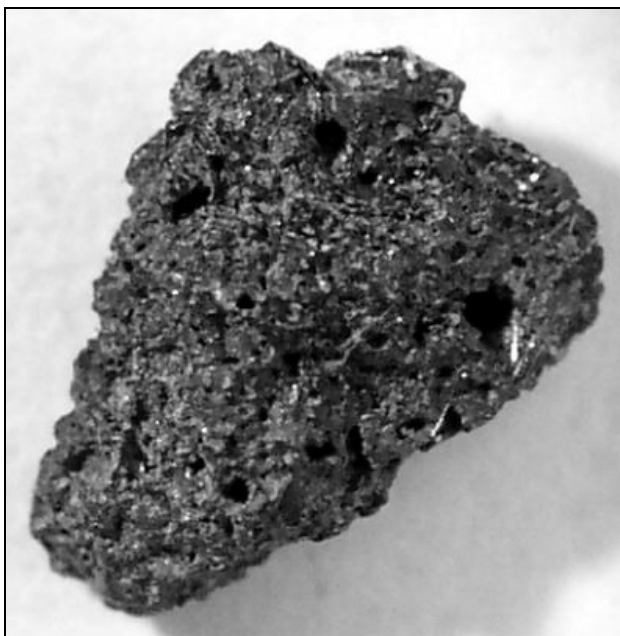


Рис. 8. Частка шлаку з численними пустотами від металургійних газів і вилугування легко розчинних мінералів. Донний осадок р. Інгулець. Профіль біля гирла б. Грушевата на півдні м. Кривий Ріг. Бінокуляр. Збільшення 20Х

Корольки металевго заліза є одними з найбільш екзотичних компонентів річкового осаду та осадових порід взагалі. В природних умовах залізо знаходиться у вигляді численних мінералів: оксидів, силікатів, карбонатів і ін. Знахідка чистого заліза в річковому осадку пояснюється постійним надходженням техногенного матеріалу з близько розташованих відвалів металургійного шлаку (рис. 9).

Компоненти металургійного шламу представлені в річковому осадку кулястими пустотілими зернами і виділеннями неправильної форми. Вони складаються

з магнетиту, магхеміту, гематиту, гідроокисів заліза, коксового дріб'язку та металургійного скла (рис. 10).

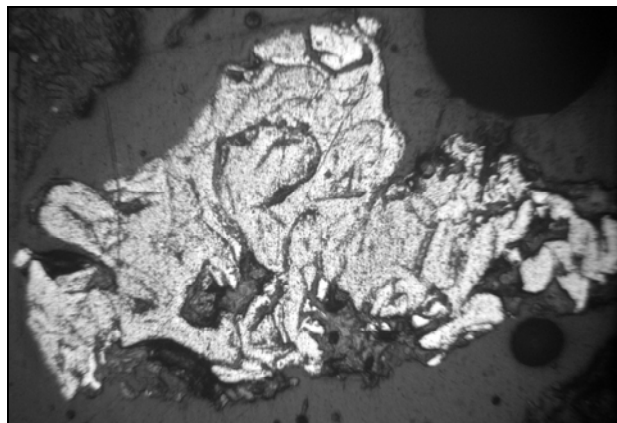


Рис. 9. Неоднорідна частка металевго заліза металургійного походження. Сучасний осадок річки Інгулець. Профіль біля с. Інгулець. Полірований шліф. Збільшення 90Х

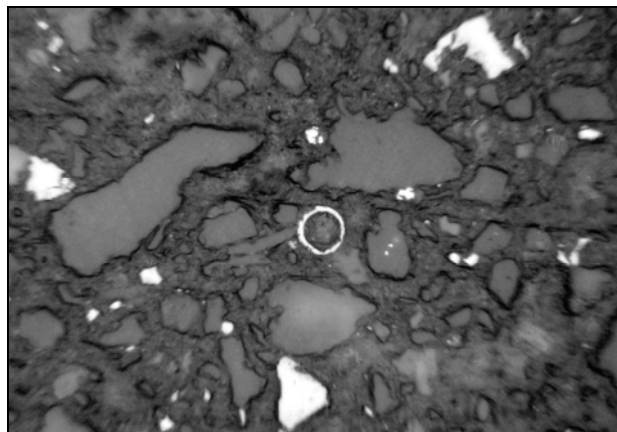


Рис. 10. Куляста пустотіла частка метаморфічного шламу, складена магнетитом в цементі грудочки річкового пісковика. Видно також зерна магнетиту, мартиту і кварцу. Профіль с. Інгулець. Полірований шліф. Збільшення 450Х

Для порівняння на рис. 11 наведемо зовнішній вигляд кулястих шламових часток з шламонакопичувача Криворізького металургійного комбінату.

Скло металургійного походження прозоре і напівпрозоре, без кольору, або забарвлене гідроокисами заліза у бурий колір різних відтінків, темно-сіре до чорного; у разі насичення газовими включеннями молочно-біле. Утворює щільні та пустотілі кулі розміром до 0,1 мм (рис. 11). Завдяки малим розмірам і великій кількості газових пустот часточки металургійного скла переносяться течією річки на десятки і сотні кілометрів від джерел постачання.

Поширені також скляні видовжені голки, нитки, «бурульки». Аналогічну форму мають часточки скла з металургійного пилу, шламу та гранульованого шлаку, виробленого на Криворізькому металургійному комбінаті [4].

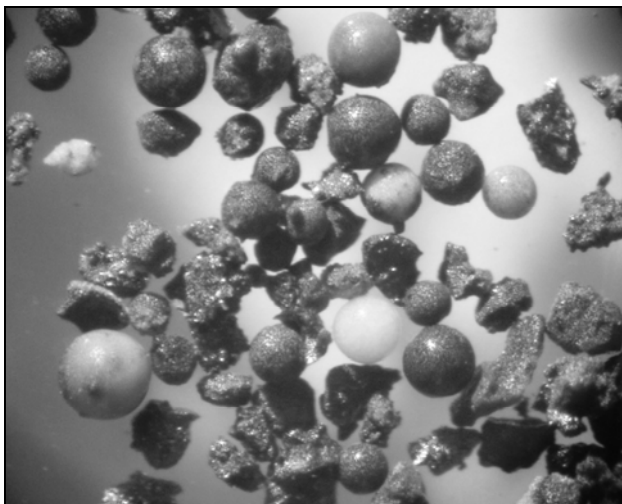


Рис. 11. Кулясті часточки металургійного шламу з акумулюючої смності Криворізького металургійного комбінату. Бінокуляр. Збільшення 10X

Аналіз результатів досліджень свідчить, що мінерали заліза поширені на всіх ділянках річища Інгульця, але найбільшої концентрації вони сягають у центральному і південному районах Кривбасу. Тут утворилася особлива відміна річкового осаду з підвищеною питомою вагою і магнітними властивостями. Вона виникла за рахунок трьох джерел постачання мінералів заліза: 1) кори вивітрювання порід і руд залізисто-кременистої формації; 2) хвостосховищ і відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів; 3) шламосховищ, відстійників і шлакових відвалів металургійного комбінату. В результаті спільної дії природного, техногенно-природного і техногенного факторів сформувалась особлива відміна псамітового осаду – рудна граувакка.

Схожий склад мають сучасні алювіальні відклади на території промислових центрів Південного і Середнього Уралу. До 30% осаду піщаних і алевритоглинистих відкладів річок Міасс, Чусової та інших складають техногенні компоненти: часточки шлаку, скляні утворення у вигляді куль, магнітних сферул, металевої стружки, уламків цегли, скла, відходів гірничовидобувних робіт тощо [7].

Отже, спільне накопичення рудних мінеральних часточок з природного, природно-техногенного і техногенного джерел в сучасних умовах має глобальний характер і повинно враховуватись при виконанні геологічних, екологічних та іншого спрямування проєктів.

Висновки

Донні осадки річки Інгулець представлені природними, техногенно зміненими природними і техногенними уламками. В північному і південному районах басейну домінують природні компоненти. У центральному районі в осадку переважають техногенно змінені (подрібнені, переміщені і збагачені) породи і руди залізисто-кременистої формації, в присутності компонентів промислового походження. Літологіч-

ними різновидами осаду в даній ділянці річки є рудні граувакки. З урахуванням петрографічного і мінерального складу уламків, фізичних властивостей осаду, його металогенічної спеціалізації, природно-техногенного походження і локального поширення дані утворення є унікальними і потребують додаткового вивчення.

Забруднені техногенними компонентами ділянки річища територіально співпадають з місцями природного накопичення мінералів заліза за рахунок розмиву кори вивітрювання порід залізисто-кременистої формації. Там же накопичуються важкі мінеральні зерна, що поступають з відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів, хвостосховищ і інших промислових об'єктів і морфоструктур. Спільна седиментація рудних кристало- і літокластів, що надходять з трьох джерел, в окремих ділянках річки, суттєво змінює природні властивості, мінеральний і хімічний склад осаду, що складає специфіку сучасного річкового розсіпоутворення.

У новітній історії формування геологічного середовища Землі мінеральні часточки штучного походження (шлами, шлаки, вогнетриви, скляні та рудні кулі, частки коксу, бітумів тощо) відіграють особливу роль індикаторів техногенного забруднення природних ландшафтів. Дані компоненти осаду слід використовувати для визначення речовинної форми переносу і локалізації промислових відходів, обсягів забруднення і методів відновлення природного стану навколишнього середовища.

Список літератури

1. Минералогия Криворожского бассейна / Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. – К.: Наукова думка, 1977. – 542 с.
2. Белевцев Я.Н. Криворожский железорудный бассейн. Т. 1. Геологическое строение. – М.: Государственное издательство геологической литературы, 1952. – 178 с.
3. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / Под ред. Я.Н. Белевцева. – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 279 с.
4. Минеральный состав и агломерация железосодержащих металлургических шламов / Иванченко В.В., Котляр М.И., Шатоха В.И., Нестеренко Т.П. и др. – Кривой Рог: Издательский центр КТУ, 2007. – 142 с.
5. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізорудного басейну / Агаджанов М.Є., Бобко А.О., Малахов І.М., Альохіна Т.М. та ін. – Кривий Ріг: Оксан Прінт, 2008. – 110 с.
6. Копченова Е.В. Минералогический анализ шихтов и рудных концентратов. – М.: Недра, 1970. – 247 с.
7. Меньшикова Е.А. Техногенные частицы в алювиальных отложениях рек Урала // Перспективы развития естественных наук на Западном Урале: Материалы междунар. науч. конф. Т. II. – Пермь, 1996. – С. 63-64.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. В.Д. Євтеховим 29.05.09

В.Л. Стефанський, О.А. Терешкова, Л.Ф. Однороженко

ЛІТОЛОГО-ПЕТРОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТУФІТІВ РАЙГОРОДСЬКОЇ ТОВЩІ ПАЛЕОЦЕНУ ГРУЗЬКОЇ ПЛОЩІ КІРОВОГРАДСЬКОГО РАЙОНУ

Склад порід основної маси туфитів нижньої пачки райгородської товщі палеоцену Грузької площі Кіровоградського району в значній мірі обумовлений палеогеографічними особливостями крайових частин палеоценового басейну Дніпровсько-Донецької западини, а різноманітність вулканічних уламків у них залежить від спектру експлозивних порід місцевого геологічного розрізу.

Состав пород основной массы туфитов нижней пачки райгородской толщи палеоцена Грузской площади Кировоградского района в значительной степени обусловлен палеогеографическими особенностями краевых частей палеоценового бассейна Днепровско-Донецкой впадины, а разнообразие вулканических обломков в них зависит от спектра эксплозивных пород местного геологического разреза.

Composition of tuffites rocks mass of Raygorod layer lower pack (paleocen) of the Gruzsk area (Kirovograd region) is largely conditioned by the paleogeographic features of regional parts of the Dneprovsko-Donetsk depression paleocen basin, and the variety of volcanic fragments in them depends on the explosion rocks spectrum of local geological section.

Одним з основних завдань пошуку алмазонасних структур є ідентифікація мінералогічних і геохімічних ореолів [1, 2]. В зв'язку з цим вивчення речовинного складу райгородської товщі палеоцену центрального району Українського щита (УЩ), що містить алмази, вельми перспективне. Не менш важлива детальна характеристика дискусійних райгородських утворень [2-10 та ін.] і для геокартувальних робіт масштабу 1:200 000, які проводяться в даний час у центральній частині УЩ.

Відомості про геологію і речовинний склад райгородських утворень Кіровоградського району ми зустрічаємо в багатьох публікаціях [1, 4, 8, 9, 11, 12 та ін.]. Проте детальна пошарова характеристика розрізів і літолого-петрографічний опис різних компонентів райгородських відкладень в літературі відсутні, що багато в чому ускладнює вирішення питання про їх походження. Особливий інтерес для розуміння генезису райгородської товщі має нижня пачка туфитів, яка включає вулканічні глиби і якнайповніше відображає літологічний спектр райгородських порід.

Нами вивчено речовинний склад і літологічні особливості вулканокластичного матеріалу і основної маси порід райгородської товщі по свердловинах, розташованих в околицях с. Лісове Кіровоградського району (рис. 1).



Рис. 1. Місцез положення району досліджень

Проведені літологічні, петрографічні, рентгеноструктурні дослідження 32 зразків, 25 шліфів вулканічних глин і вміщуючих вулканічних пісковиків з використанням устаткування ДРОН-2, МБС-2, МІН-8. Рентгеноструктурні дослідження (15 проб) виконані Л.Ф. Однороженко. Автори вдячні І.Б. Слькінній і М.В. Рузінній за консультації при проведенні петрографічних досліджень.

Райгородська світа палеоцену центральної частини УЩ має неоднорідну будову [1, 3, 4 та ін.]. Як правило, вона складена двома пачками вулканогенно-осадових або континентальних вулканічних порід ускладнених і розділених корою вивітрювання кислого складу [3]. Особливий інтерес для розуміння генезису райгородської товщі становлять туфити, які містять численні вулканічні глиби. Туфити, розкриті свердловиною 4061 в інтервалі 119,8-103,9 м, незгідно залягають на корі вивітрювання гранітоїдів кристалічного фундаменту і складають нижню пачку розрізу райгородської товщі. Вони містять близько 60% вулканокластичного матеріалу, серед якого значний об'єм (більше половини) займають вулканічні глиби. Незмінена основна маса туфитів в свіжому стані має буро-сірий до бурого або зеленувато-сірий з бурим відтінком колір. При висиханні порода яснішає, а бурий відтінок втрачається. В цілому основна маса туфитів має дрібноритмічну будову (рис. 2), обумовлену зміною гранулометричного складу морських осадових утворень (гравелітів, пісковиків і алевролітів) з домішкою псефітопсамітового вулканокластичного матеріалу. В припошвовій частині товщі відмічено два малопотужних (до 0,2 м) прошарка зеленувато-сірих туфів з тонкою домішкою (до 1%) матеріалу раковини. Від вулканічних утворень верхньої пачки туфити нижньої, по суті, відрізняються присутністю вулканічних глин, які значно підвищують відсоток ефузивної складової породи.

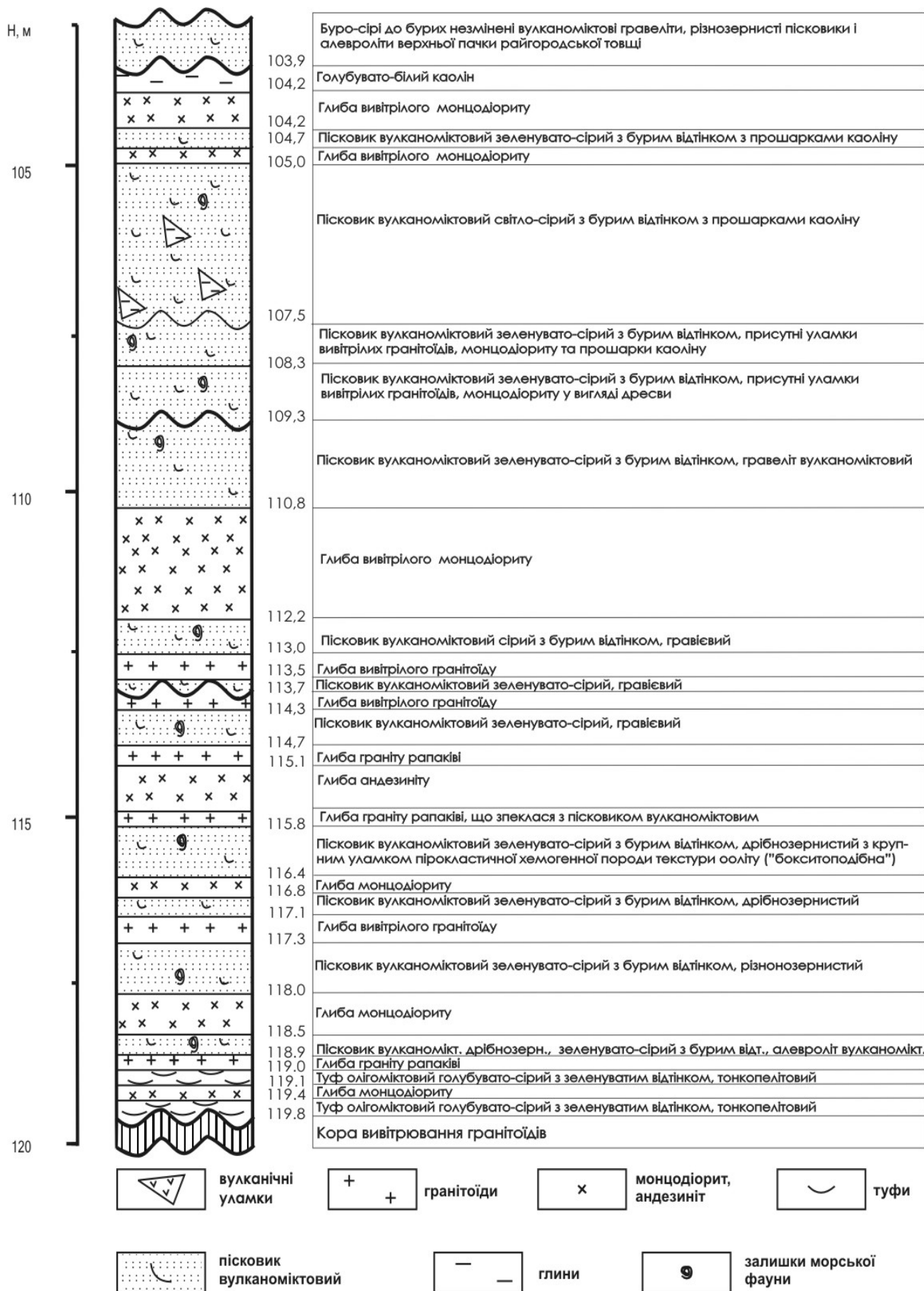


Рис. 2. Детальний геологічний розріз нижньої пачки райгородської товщі (опорна св. 4061)

У товщі туфитів розвинена кора вивітрювання, яка відзначена в інт. 113,7-103,9 м. Остання лише у загальних рисах має слабо виражену зональну будову, а в іншому тяжіє до елювію лінійного типу, охарактеризованого в роботах [3, 13, 14]. Каолінізація

спочатку захоплює лише вулканокластичний матеріал (рис. 3). Зона гідролюдизації не виражена. Вище по розрізу, серед майже незміненої породи встановлені декілька прошарків значної або майже повної каолінізації, що захопила і основну масу туфитів.

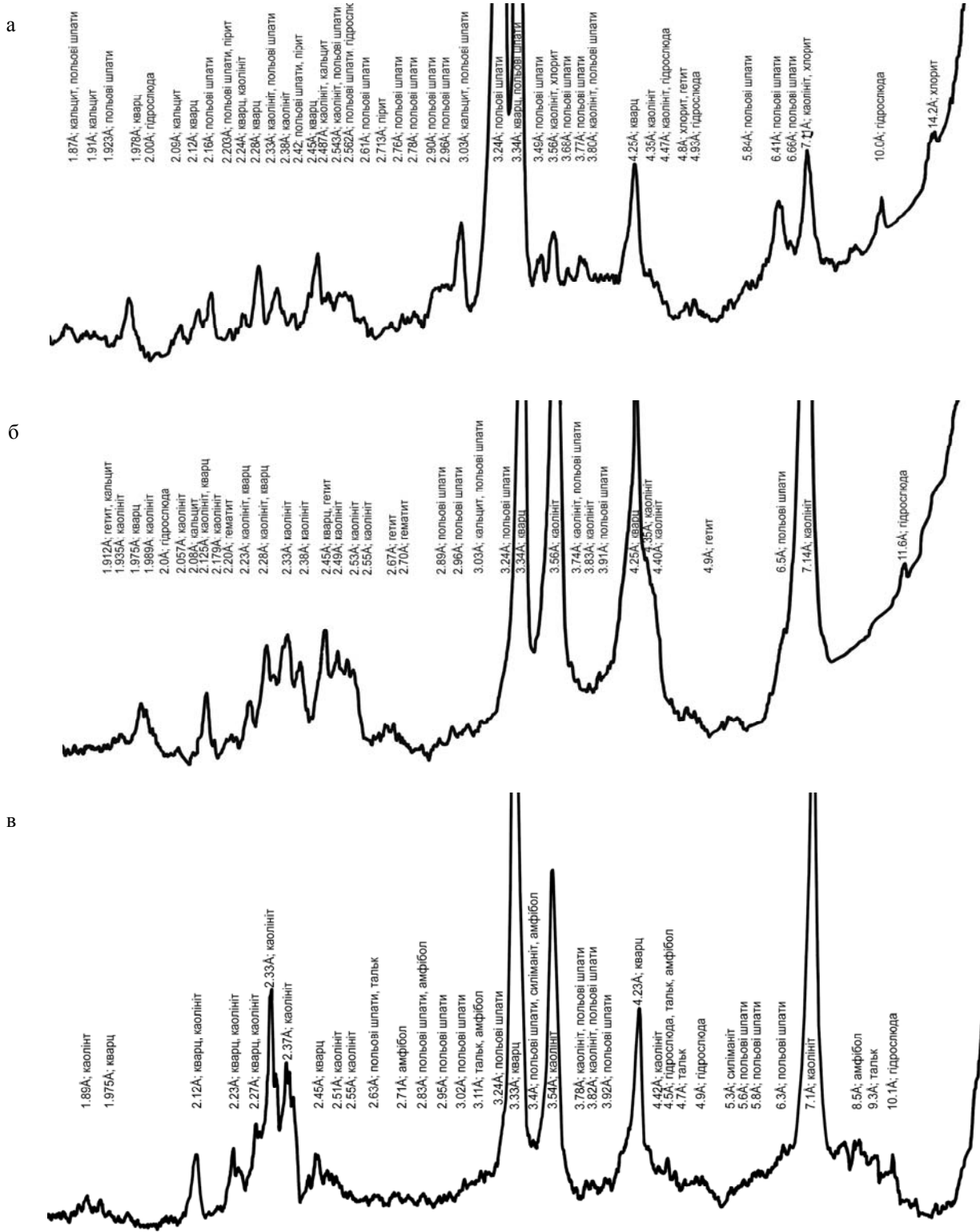


Рис. 3. Рентгенограми деяких компонентів порід райгородської товщі: а – незмінена основна маса райгородських вулканогенно-осадових порід (св. 4084, гл. 87,7 м); б – каолінізований вулканічний уламок (св. 4084, гл. 87,7 м); в – каолін кори вивітрювання райгородських вулканогенно-осадових порід (св. 4061, гл. 50,2 м)

Завершують товщу елювію голубувато-білі каоліни невеликої (до 0,5 м) потужності. На них з різким контактом залягає осадова товща з перешаруванням буро-сірих, до бурих незмінених вулканоміктових гравелітів, різнозернистих пісковиків і алевролітів верхньої пачки

райгородської товщі. Наведені факти свідчать про скорочення об'єму туфітів нижньої пачки райгородської товщі за рахунок денудації в континентальних умовах. Нижче наведені петрографічні характеристики вулканічних глиб нижньої пачки райгородської товщі (рис. 4).

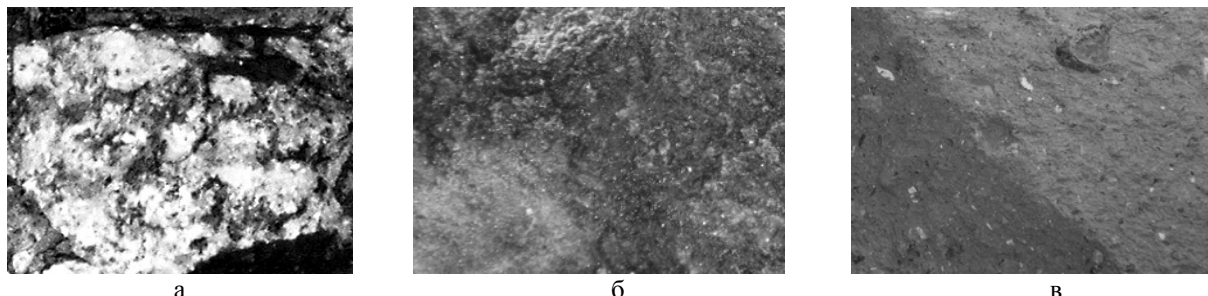


Рис. 4. Текстури деяких компонентів вулканогенно-осадових порід райгородської товщі: а – вулканічна глиба рапаківі, зб. х 3; б – вулканічна глиба монцодіориту, зб. х 6; в – уламковий матеріал вулканоміктових пісковиків, зб. х 6

Всього вивчено 13 глиб, розкритих свердловиною розміром від 0,2 до 1,0 м. В їх складі встановлено кислі та середні породи: гранітоїди (6 глиб), монцодіорит (6 глиб) і андезиніт (1 глиба). У зв'язку з палеовітрянням у напрямку покрівлі нижньої пачки речовинний склад глиб змінюється до майже повної їх каолінізації. Петрографічний склад вулканічних глиб наступний (рис. 5).

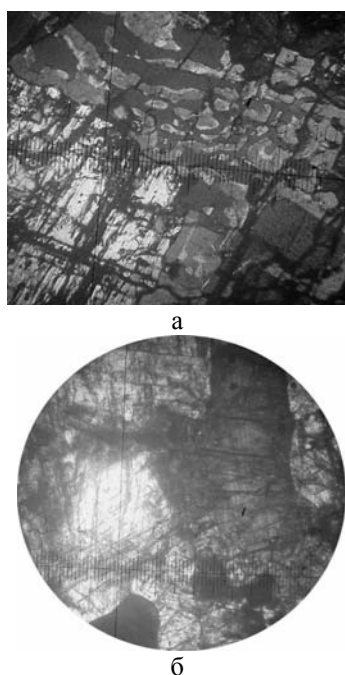


Рис. 5. Петрографічний склад деяких вулканічних глиб райгородської товщі в св. 4061: а – змінені під впливом температури зерна плагіоклазу, шліф, х 110, з аналізатором; б – ізометричні зерна андезину, шліф, х 80, з аналізатором

Граніт рапаківі. Від сіро-рожевого до червоного з плямами темноколірного мінералу (біотиту). Структура

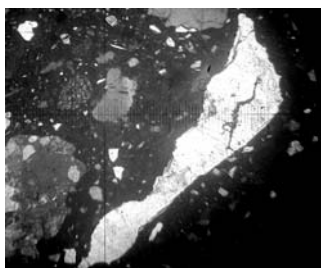
порфіроподібна, текстура масивна. В шліфах структура гетерозерниста, гіпідіоморфнозерниста, порфіроподібна. Розмір порфірових вкраплеників ортоклазу, навкруги яких розташовуються зерна плагіоклазу, не менше 15 мм. На контакті плагіоклазу й ортоклазу спостерігаються мірмекітові утворення. Біотит слабо хлоритизований. З головних мінералів встановлені: кварц – 10%, плагіоклаз – 10%, ортоклаз – 75%, біотит – 5%. Вторинні мінерали складені хлоритом, серицитом. З акцесорних мінералів визначені циркон, апатит, магнетит.

Монцодіорит. Темно-сірий із зеленуватим відтінком. Структура середньозерниста, текстура масивна. В шліфах структура гіпідіоморфнозерниста. Розмір зерен до 4 мм. Порода складається витягнутими таблитчастими зернами плагіоклазу, неправильними зернами калішпату і псевдоморфозами у вигляді ізометричних, широко призматичних зерен. Характерною для породи є присутність значної кількості полігональних зерен ільменіту і достатньо великих (до 2 мм) призматичних зерен апатиту. Плагіоклаз складено андезином (№45), створюючим полісинтетичні двійники, калішпат – кріп-топертітом. Процентні співвідношення мінералів наступні: плагіоклаз – 40%, калішпат-12%, біотит. Псевдоморфози по темноколірному мінералу – 35%. Рудний мінерал – 8%, апатит – до 5%, кварц.

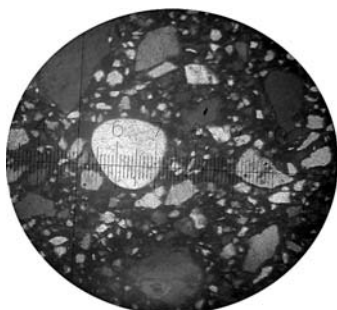
Андезиніт. Від темно-зеленого до чорного. Структура грубозерниста, текстура масивна. В шліфах структура алотріоморфнозерниста. Порода складається великими таблитчастими, ізометричними, ксеноморфними зернами плагіоклазу (андезин) до 10 мм, які складають до 95% об'єму породи. Окрім плагіоклазу присутні одиничні червоно-коричневий біотит, зеленувата гідроліта, епідот, апатит, хлорит, карбонат, халцедоноподібний кварц, рудний мінерал. По плагіоклазу розвивається серицит.

Основна маса туфітів складена прошарками вулканоміктових гравелітів, пісковиків і алевролітів, що ри-

тмічно чергуються, а також їх похідних. Петрографічне вивчення показало не тільки коливання розмірів теригенного матеріалу, але і значну різницю в ступені їх обкатування. В штуфах і шліфах характерна сумісна присутність твердих обкатаних і напівобкатаних зерен кварцу, плагіоклазу з гострокутними уламками тих же мінералів, гранітів, а також м'яких вапняків і детриту раковин безхребетних (рис. 4, 6).



а



б

Рис. 6. Петрографічний склад карбонатної основної маси вулканогенно-осадових порід райгородської товщі у св. 4061: а – “шаблеподібний” вулканічний уламок кварцу. В центральній частині шліфа спостерігається фрагмент колонії Bryozoa, шліф, x120, з аналізатором; б – обкатані і напівобкатані зерна кварцу сумісно з гострокутними вулканічними уламками, шліф, x 90, з аналізатором

Це характерно для вулканогенно-осадових порід, на що вказано в багатьох роботах [15-17 та ін.].

З теригенних мінералів визначені кварц, польові шпати, амфібол, слюда, кальцит, доломіт. Глинисті мінерали, згідно петрографічних і рентгеноструктурних досліджень, складені каолінітом, гідрослюдою, монтморилонітом, глауконітом. До акцесорних відносяться циркон, рудні мінерали, пірит, рогова обманка.

Характер контактів вулканокластичного матеріалу з основною масою різний. Частина вулканічних уламків унаслідок нагріву оточені зоною спікання. Зміни основної маси нагрітих порід вдалося простежити в інтервалі 115,1-115,8 м св. 4061, де зустрінуто вулканічна глиба близько 1 м діаметром, оточена великою (до 20 см) зоною загартовування. Остання має зональну будову, в ній помітна зміна кольору, текстури, структури, складу і фізичних властивостей вміщуючих вулканоміктових пісковиків. Умовно, по напрямку від вулканічної глиби, можна виділити три зони з нечіткими межами (рис. 7).

Зона I розташована в безпосередньому контакті з вулканічною глибою. Характеризується темно-зеленим до чорного кольором, високою міцністю. Текстура смугасто-муарова за рахунок зміни уламків і відмінностей нагріву породи. Муарові плями темно-зелені (15x7 мм), оконтурені темно-сірими, майже чорними в різному ступені різкими зонами сильного випалення, мають витягнуто-овальну форму і орієнтовані уздовж межі з глибою. Петрографічне вивчення показало наявність дрібних і крупних (0,1-0,6 мм) уламків кварцу, мікрокліну, уламків гранітоїдів і сліди кріптолускатих гідрослюдистих порід. Уламковий матеріал займає до 70% від загального об'єму породи, часто окременілий. Основна маса складена напівпрозорою зеленою речовиною, можливо слюдяного складу.

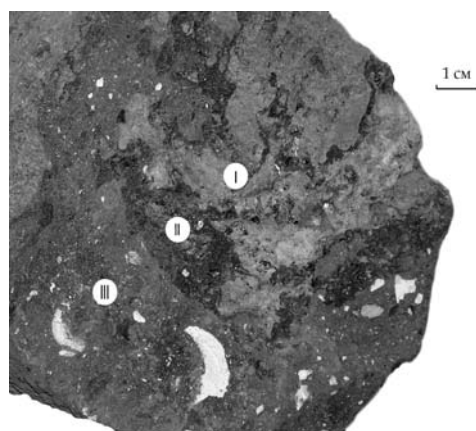


Рис. 7. Будова зони спікання вулканічної глиби з вулканоміктовим пісковиком основної маси туфїту нижньої пачки райгородської товщі св. 4061, гл. 115.1 м: I, II, III – номери зон

Зона II в цілому аналогічна описаній, проте більш світлоколірна, муарові плями мають овально-округлі контури, цемент мікролускатий, бурого кольору і має гідрослюдистий склад.

Зона III носить риси подібності з вміщуючими вулканоміктовими пісковиками, проте відрізняється зеленувато-білястим кольором і значною цементацією. Вона має брекчієподібну текстуру, складається слабо відмінними овальними і кутастими уламками, в основному кріптолускатого гідрослюдистого агрегату, який занурений в такий же агрегат цементу. Крім того, зустрічаються уламки окременілих порід, дрібні уламки кварцу і озалізнені гідратовані слюди. Характерним для цієї зони є окременіння детриту раковин. Кремениста речовина складена кріптозернистим халцедоном і радіально-променистим волокнистим халцедоноподібним кварцом. Окременіння спостерігається також в цементуючій масі.

Наведені дані з будови і речовинного складу розрізу райгородських утворень св. 4061 (околиці с. Лісове Кіровоградського району) добре співвідносяться з раніше опублікованими матеріалами по геології райгородської товщі інших площ [1, 3, 4, 11-14, 18 та ін.]. Не дивлячись на відмінності в розумінні

генезису і віку райгородських відкладень, всі автори наголошують на схожості літологічної особливості райгородських порід: наявність основної маси і уламкового матеріалу як із слідами нагріву, так і без них, а також присутність детриту раковини морської фауни. Відмічена одинична знахідка уламка вуглефікованої деревини [3]. На відміну від райгородських утворень Кіровоградського району, такі Смілянського району Черкаської області містять уламки мілоподібних порід сеноманського і туронського віку [5, 6, 19]. В роботі [1] вказано на присутність уламкового матеріалу сублужного, основного і ультраосновного складу в туфах і туфитах райгородської товщі на Грузькій-південній, Грузькій-центральної і Лісовій структурах. Нами ознаки ультраосновних порід не встановлено. Вочевидь склад вулканічних уламків райгородських порід залежить від їх географічного місцезнаходження і відповідно, спектру експлозивних порід місцевого геологічного розрізу. Склад порід основної маси туфитів в значній мірі обумовлений палеогеографічними особливостями околиць палеоценового басейну Дніпровсько-Донецької западини (море Архангельського) [10].

Таким чином, формування описаних туфитів відбувалося в мілководній теплій затоці сумського часу [3] при активному вулканізмі вибухового характеру. Виражена гранулометрична ритмічність райгородської товщі розрізу св. 4061 пояснюється, на нашу думку, дрібними регресивно-трансгресивними інверсіями сумського палеобасейну. Значніші регресії призводили до осушення палеозаток на даній території і формування кори вивітрювання [20], місцями зумовили розділення райгородської товщі на дві пачки, а також накопичення відзначених в припідшововій частині туфів.

Список літератури

1. Калашник А.А., Маківчук О.Ф. Особенности локального прогноза и поиска алмазоперспективных структур в пределах Кировоградского блока // Тез. докл. Междунар. научн.-практ. конф. "Коренные и россыпные месторождения алмазов и важнейших металлов". Симферополь: Изд. "ПолиПРЕСС", 2008. – С. 41-46.
2. Минеральные сообщества флюидизатно-эксплозивных и родственных им пород и руд (Украинский щит) / Г.М. Яценко, О.В. Гайовский, Е.М. Сливко, И.Г. Яценко, В.А. Лавро // Тез. докл. Междунар. научн.-практ. конф. "Коренные и россыпные месторождения алмазов и важнейших металлов". – Симферополь: Изд. "ПолиПРЕСС", 2008. – С. 91-95.
3. Новые данные о генезисе и геологическом строении райгородской толщи Грузской площади Кировоградского района / А.Л. Фалькович, В.Л. Стефанский, А.А. Калашник, О.А. Терешкова, М.В. Стефанский // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 7. – С. 78-81.
4. Гуров Е.П., Гожик П.Ф. Импактное кратерообразование в истории Земли. – К.: ИГН НАН Украины, 2006. – 216 с.
5. Иванченко Н.Н. Палеоценовые отложения Лузановского страторегiona. Сучасні проблеми геологічної науки // Зб. наук. праць / ІГН НАН України. – 2003. – 352 с.
6. Стратиграфическая схема палеогеновых отложений Украины (унифицированная) / Под ред. Макаренко Д.Е., Зелинской В.А., Зернецкого Б.Ф. и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 116 с.
7. Радзивилл А.Я. Болтышская вулканоструктура // Тектоника и стратиграфия. – 1976. – № 11. – С. 3-8.
8. Алмазоносные формации и структуры юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы. Опыт минерации алмаза / Яценко Г.М., Гурский Д.С., Сливко Е.М. и др. – К.: Укр ГГРИ, 2002. – 331 с.
9. Калашник А.А. О новом подходе к решению задачи выяснения структурного контроля кимберлитопроявлений // Сб. научн. тр. / НГУ. – 2003. – № 16. – С. 30-36.
10. Маслун Н.В., Іванік М.М. Палеоценові відклади Українського щита та особливості седиментогенезу палеоценового моря Архангельського // Зб. наук. праць / ІГН НАН України. – К., 2009. – С. 199-206.
11. Гуров Е.П., Гурова Е.П. Геологическое строение и вещественный состав пород импактных структур. – К.: Наук. думка, 1991. – 160 с.
12. Гуров Е.П., Вальтер А.А. Выбросы Болтышского метеоритного кратера на Украинском щите // Геол. журн. – 1977. – Т. 37. Вып. 6. – С. 79-84.
13. Додатко А.Д. Древние коры выветривания и методы их изучения: Учебн. пособие. – Д.: НГУ, 2004. – 106 с.
14. Савко А.Д., Додатко А.Д. Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 232 с.
15. Справочное руководство по петрографии осадочных пород: В 2 т. Осадочные породы / Под ред. Л. Б. Рухина. – Ленинград: Гос. научн.-техн. изд-во нефтяной и горно-топливной лит., 1956. – Т. 2. – 519 с.
16. Рыка В., Малишевская А. Петрографический словарь. – М.: Недра, 1989. – 399 с.
17. Петтиджон Ф.Дж. Осадочные породы. – М.: Недра, 1981. – 751 с.
18. Ткачук Л.Г. Геологічна будова Болтисько-Тясьминської западини поверхні кристалічного масиву // Журн. геол.-геофіз. циклу / АН УРСР. – 1934. – № 4(8). – С. 35-41.
19. Макаренко Д.Є. Тенетські відклади Смілянського району на Черкащині // Доп. АН УРСР. – 1963. – № 10. – С. 1372-1374.
20. Эпохи мощного корообразования и алмазоносного магматизма в истории Земли / А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, Н.Н. Зинчук. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 102 с.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. О.Д. Додатком 12.09.09

РОЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ФАКТОРА В ПЕРЕМЕЩЕНИИ ВОЗДУШНЫХ МАСС АТМОСФЕРЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Показано роль явища геоізоастазії для виявлення закономірностей переміщення повітряних мас типу циклон-антициклон. Можливість використання цих закономірностей, у поєднанні з даними про розломно-блокову тектоніку, для вирішення геоекологічних задач ілюструється на прикладі аналізу радіоактивного забруднення в результаті аварії на Чорнобильській АЕС.

Показана роль явления геоизостазии для выявления закономерностей перемещения воздушных масс типа циклон-антициклон. Возможность использования этих закономерностей, в сочетании с данными о разломно-блоковой тектонике, для решения геоэкологических задач иллюстрируется на примере анализа радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

The role of the phenomenon geostasy for revealing laws of air weights moving of the type: cyclone-anticyclone is shown. The opportunity of use of these laws, in the combination to data about fault-block tectonics, for the decision of geoeological tasks is illustrated on the example of the analysis of radioactive pollution as the result of failure on Chornobyl atomic power station.

В экологической обстановке любого региона, определяющей комфортность условий жизни в нем, важнейшее значение имеет качество атмосферного воздуха. Любой вид человеческой деятельности неизбежно приводит к изменению сложившихся природных условий, нарушая тем самым привычную для человека экологическую обстановку, в т.ч. баланс компонентов атмосферы – расходуя в процессе своей жизнедеятельности преимущественно кислород и обогащая атмосферу углекислым газом. Жизнедеятельность растительного мира также изменяет баланс компонентов атмосферы, но преимущественно в противоположном направлении. Восстановление состава атмосферы, соответствующего условиям нормального жизнеобеспечения человека и биоты в целом на Земле, происходит путем активного перемещения воздушных масс тропосферы. Для выяснения закономерностей этого перемещения рассмотрим две ситуации: первую, соответствующую некоему нормальному ходу событий, при котором изменения баланса компонентов атмосферы происходит относительно плавно, в соответствии со сложившимися природными закономерностями, и вторую, связанную с возникновением экстраординарных условий – природных (например, извержений вулканов) или техногенных (например, аварий на химически- или радиационно-опасных производствах), приводящих к выбросам в атмосферу высокотоксичных веществ.

В первой ситуации восстановление нормальных условий окружающей природной среды происходит, в основном, естественным образом, путем перераспределения воздушных масс и связанных с ними атмосферных явлений. Следует специально подчеркнуть, что вмешательство человека в эти природные процессы малоэффективно, и в данном случае детали этой ситуации рассматриваться не будут. Другое дело, вторая из указанных ситуаций, соответствующая

мощным выбросам в атмосферу токсичных веществ, существенным образом ухудшающих качество атмосферы. В связи с этим на передний план выдвигается проблема изучения природы и закономерностей перемещения воздушных масс, участвующих в переносе токсичных веществ. Располагая этими закономерностями, можно ставить и эффективно решать геоэкологические задачи, связанные с прогнозом и оценкой уровня загрязнения изучаемых территорий и обоснованием мероприятий, способствующих минимизации ущерба от такого загрязнения.

Фундаментальные закономерности перемещения воздушных масс в нижних слоях тропосферы можно получить, воспользовавшись явлением *геоизостазии*, понятие о котором впервые введено на XXVII сессии Международного геологического конгресса [1]. Кратко оно сводится к следующему.

Землю можно считать находящейся в состоянии равновесия при выполнении двух условий (рис.1): 1) каждый сектор, вырезанный достаточно малым центральным телесным углом $\Delta\Omega$ имеет равный вес и 2) реальный геоид и соответствующий ему теоретический сфероид в каждой точке совпадают между собой.

Количественно эти условия выражаются следующими соотношениями в сферических координатах

$$I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow const, \quad (1)$$

$$I_1 = \Delta\Omega \int_0^{R_i} \sigma(r) g(r) r^2 dr ;$$

$$I_2 = \Delta\Omega \int_{R_i}^{R_e} \sigma(r) g(r) r^2 dr ;$$

$$I_3 = \Delta\Omega \int_{R_e}^{\infty} \sigma(r) g(r) r^2 dr ;$$

$$\zeta = R_r - R_c = 0, \quad (2)$$

где $\sigma(r)$ – плотность вещества Земли в пределах изучаемого сектора; $g(r)$ – ускорение свободного падения в точках сектора на расстоянии r от центра Земли; R_i – внутренний радиус мантии Земли; R_e – ее внешний радиус; R_k и R_c – соответственно радиусы геоида и сфероида; ζ – разность между ними.

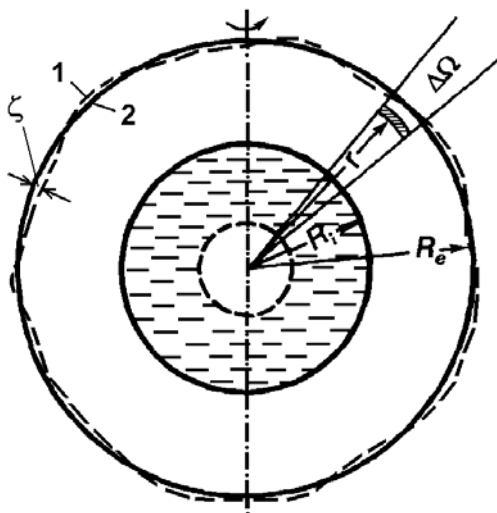


Рис. 1. К определению геостазии (согласно [1]): 1 – геоид; 2 – сфероид

Первые два интеграла в выражении (1) были использованы в качестве основы для выяснения закономерностей тектонического развития твердой Земли. При этом третьим интегралом, численно равным давлению атмосферы у поверхности Земли, пришлось пренебречь в связи с его малостью. Есть основание полагать, что третий интеграл I_3 в выражении (1) в совокупности с частью второго I'_2 , относящегося к приповерхностному слою твердой Земли до глубины H – порядка нескольких десятков метров, могут быть использованы для решения рассматриваемых геоэкологических задач

$$I'_2 = \Delta\Omega \int_{R_e-H}^{R_e} \sigma(r) g(r) r^2 dr. \quad (3)$$

Эти основание сводятся к следующему. Энергоемкость механических процессов, происходящих в атмосфере, несравнима по величине с процессами, происходящими в твердой Земле. Поэтому прямым влиянием перемещений атмосферных масс на деформацию твердой Земли можно пренебречь. Наоборот, энергоемкость малых деформаций твердой Земли оказывается соизмеримой с энергоемкостью механических процессов перемещения воздушных масс. Стремление к сохранению геостазии приводит к активному взаимодействию между приповерхностным слоем Земли и прилегающей к нему части атмосферы. При этом малейшие изменения земного рельефа, вызывают вполне ощутимые перемещения воздушных масс в виде ветров доходящих до ураганов, формируют циклоны и антициклоны. Кроме того,

сам приповерхностный слой, обычно сложенный осадочными образованиями, участвует в сохранении геостазии не только путем механического перемещения. Он может менять свою эффективную плотность путем изменения уровня грунтовых вод. Естественно, все эти процессы взаимосвязаны. Ниже рассмотрена роль этих процессов в образовании циклонов и антициклонов, участвующих в распространении в атмосфере негативных последствий аварий на атомных станциях и химических предприятиях, а также причин подтопления территорий грунтовыми водами, от которого страдает практически весь юг Украины.

Исходя из представлений о том, что любые нарушения ротационного режима Земли приводят к активизации систем разломов и относительному перемещению по ним блоков земной коры, рассмотрим роль третьего интеграла I_3 в выражении (1) в совокупности с частью второго I'_2 (3) в определении проявлений современных природных процессов на простейшем примере, изображенном на рис. 2.

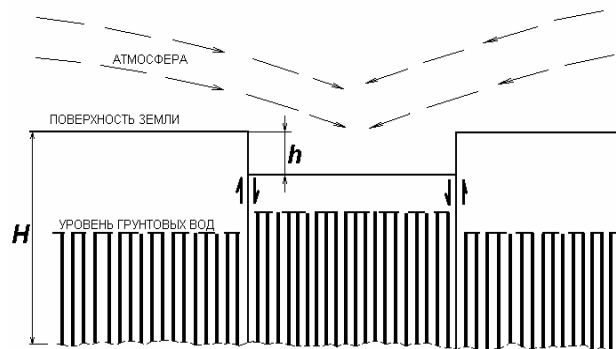


Рис. 2. Схема проявлений природных процессов в районе опущенного блока земной коры

Пусть изучаемый блок земной коры, изображенный в центральной части рис. 2, опустился на несколько миллиметров (h). Вследствие этого нарушится величина ζ . Ее можно восстановить только за счет изменения (в данном случае увеличения) значений интегралов I_3 и I'_2 . Увеличение значений I_3 возможно за счет перетока воздушных масс (схема циклона). Изменение направления смещения блоков приведет к изменению направления перемещения воздушных масс (антициклон).

Возрастание величины I'_2 также возможно в результате подъема уровня грунтовых вод (см. рис. 2). Эти процессы должны продолжаться до восстановления исходных значений ζ . Вполне очевидно, что в случае относительного подъема изучаемого блока будут иметь место противоположные явления.

Таким образом, намечается возможность использования обсуждаемой модели геостазии [1] для решения геоэкологических задач, связанных как с региональным прогнозом метеоусловий, так и с проблемами подтопления территорий. Косвенным доказательством «энергетической работоспособности»

указанной модели геоизостазии для решения перечисленных выше задач могут служить результаты полученные японскими исследователями, которыми установлена корреляция между давлением воздуха и соленостью воды на поверхности Японского моря (что с других позиций вряд ли можно объяснить). Кстати, этот факт может служить показателем точности соблюдения закона геоизостазии у поверхности Земли.

Ниже показана возможность практического использования рассмотренных закономерностей изменения метеоусловий в сочетании с особенностями тектонического фактора [2] на примере анализа катастрофических последствий аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) 26.04.1986 г. Неравномерность выпадения радионуклидов и радиоактивные следы Чернобыльской катастрофы обусловлены рядом обстоятельств, в т.ч. изменением направления и силы ветра, дождями, неравномерностью выбросов из 4-го блока ЧАЭС в результате противопожарных мероприятий. Аварийные выбросы были особенно мощными первые двое суток (26-28.04.1986 г.) и затем 03-05.05.1986 г. При этом следует вспомнить, что первая струя радиоактивности и радиоактивное облако (26.04.1986 г.) разделились на две части в направлениях к западу и северу. Через три дня направление ветра изменилось на южное. После 02.05.1986 г. ветер изменил направление на юго-запад, затем на северо-запад и север. За девять суток аварии направление ветра изменилось на 360°, т.е. вектор скорости ветра описал полный оборот [3]. Однако анализ пространственного распространения загрязнения территории позволил отметить дискретность изменения направлений простирания радиоактивных следов (рис. 3), которая напоминает определенную анизотропию геологической среды, вызванную активизацией систем разломов земной коры.

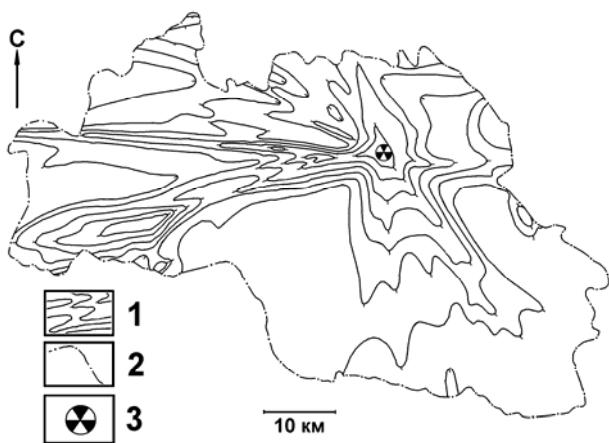


Рис. 3. Радиационное состояние Чернобыльской зоны отчуждения (2002 г.): 1 – изолинии плотности загрязнения почвы Cs^{137} ; 2 – граница зоны отчуждения; 3 – Чернобыльская АЭС

Для количественного изучения взаимосвязи направлений перемещения воздушных масс и особен-

ностей тектонического строения нами была использована соответственно следующая информация: карта-схема радиационного состояния территории Чернобыльской зоны отчуждения [4] и карта систем разломов УЩ масштаба 1:500000 с каталогом их признаков [5].

На рис. 4 приведены розы-диаграммы азимутов простирания радиоактивных следов, характеризующие изменения метеоситуации в районе ЧАЭС во время аварии 1986 г., и «весов» систем разломов земной коры («вес» разлома вычисляется как среднее арифметическое весовых коэффициентов разных групп признаков разломов k : для геометрических и геоморфологических – это отношение параметра признака конкретного фрагмента разлома к максимальному, а для геофизических и геологических – это нормированная к единице степень «проявления» того или иного геолого-геофизического признака конкретного фрагмента разлома [6]), а также отдельно их наиболее «молодых» признаков: особенностей погребенного рельефа кристаллического фундамента и современного дневного рельефа. Этот рисунок иллюстрирует совпадение максимумов «значимости» направлений простирания радиоактивных следов от аварии на ЧАЭС и систем разломов земной коры. Причем эта зависимость лучше проявляется в районе исследований в особенностях погребенного и современного дневного рельефа и практически незаметна в более «древних» геолого-геофизических признаках этих разломов.

Подводя итог, отметим, что полученные результаты создают основу возможности прогнозирования с использованием тектонических данных геологических последствий мощных химических и радиоактивных выбросов существующих и проектируемых промышленных объектов повышенной опасности.

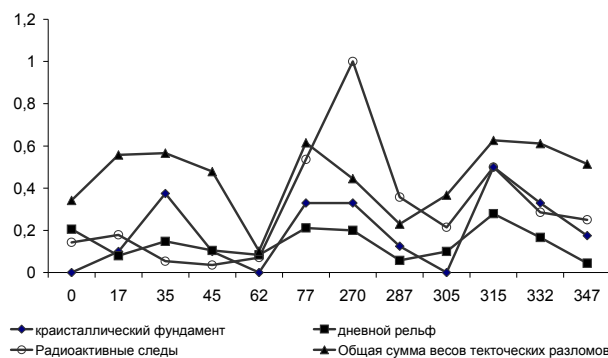


Рис. 4. Развернутые розы-диаграммы (в условных единицах) направлений радиоактивных следов от аварии Чернобыльской АЭС, привязанные к азимутам простирания систем разломов земной коры

Выявленные на основе использования явления геоизостазии закономерности также могут быть положены в основу разработки методики прогнозирования по комплексу геолого-геофизических данных долгосрочных изменений региональной метеоситуа-

ции, а также – методики прогноза природно-техногенного подтопления различных регионов.

Список литературы

1. Тяпкин К.Ф. Новая модель геоизостазии // Труды XXVII сессии Международного геологического конгресса. – М., 1984. – С. 438-439.
2. Тяпкин О.К. К вопросу установления взаимосвязей локальных изменений метеоситуации и особенностей разломно-блокового строения земной коры // Матер. III Міжнародн. наук.-практ. конф. «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів». – Д., 2005. – Ч. 1. – С. 96-98.
3. Барьяхтар В.Г. Чернобыльская катастрофа: проблемы и решения // Доклады академии наук Украины. – 1992. – № 4. – С. 151-164.

4. Радіаційний стан зони відчуження у 2002 році / В.В. Деревець, С.І. Кіреєв, С.М. Обрізан та ін. // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 2003. – № 1(21). – С. 3-33.

5. Тяпкин К.Ф., Гонтаренко В.Н. Системы разломов Украинского щита. – К.: Наук. думка, 1990. – 184 с.

6. Тяпкин О.К. Использование геофизической информации для формализации решения геоэкологических задач // Екологія і природокористування: Зб. наук. праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – Вип. 11. – Д., 2008. – С. 118-135.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. В.Ф. Приходченком 02.09.09

УДК 53.04

А.П. Моссуп

ВОЛНОВАЯ ПРИРОДА ПРОСТРАНСТВА И ЕГО МНОГОМЕРНОСТЬ

Проаналізована хвильова природа простору на прикладі сонячної системи та зроблена оцінка його багатомірності.

Проанализирована волновая природа пространства на примере солнечной системы и сделана оценка его многомерности.

The analysed wave nature of space on an example of solar system also is made an estimation of its multidimensionality.

Теория распространения каналовых волн свидетельствует о том, что помимо меньших коэффициентов затухания распространяющихся вдоль низкоскоростных волноводов продольных волн имеет место поглощение энергии продольных волн, распространяющихся в непосредственной близости от волноводов. Это характерно, как для акустических, так и для электромагнитных волн [1]. В волноводах перенос энергии осуществляется в виде прямой волны и сложного интерференционного колебания так называемой фазы Эйри, амплитудно-частотные характеристики которого зависят от соотношения скоростей распространения в волноводе и за его пределами, а также от линейных размеров волновода [2]. Если поле акустической волны имеет потенциальный характер, то поле электромагнитной волны – векторное (вихревое).

Волны, захваченные волноводом (нормальные волны) в случае большей разности в скоростных параметрах в волноводе и за его пределами и ограниченных размерах волновода, можно отнести к стоячим. Особенностью этих волн является то, что на различных фиксированных частотах (моды разного порядка) [2, 3] в пространстве волновода имеет ме-

сто различное распределение давлений (уплотнений).

Для электромагнитной волны, учитывая векторный вихревой характер поля распределения амплитудно-частотных характеристик поля, носят несколько иной характер.

Модель электрона можно представить в виде раскручивающейся спирали электромагнитной волны, протона в виде закручивающейся в спираль волны (рис. 1).

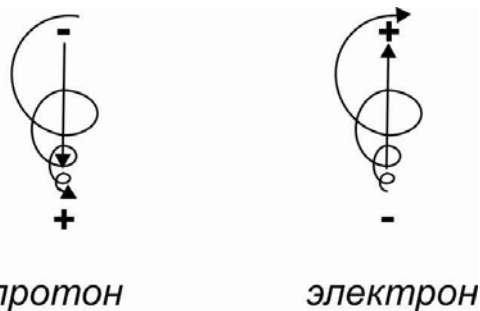


Рис. 1. Схематическое представление протона и электрона стоячей электромагнитной волной

Эту волновую картину можно уподобить «волчку» и по правилу буравчика [4] направление движения тока будет в зависимости от того, закручивается спираль или раскручивается от ее основания или к основанию. Следовательно, в зависимости от этого в основании спирали будет либо плюс (протон) или минус (электрон). Заряд противоположного знака будет рассредоточен по широкой поверхности волчка (спирали), что сведет модель к однополюсной точечной (рис. 1).

Сопоставляя строение атома с распределением физических констант в волноводе, можно предположить, что высокочастотная часть фазы Эйри отвечает в атоме электронной оболочке, а низкочастотная – протонам в ядре (рис. 2).

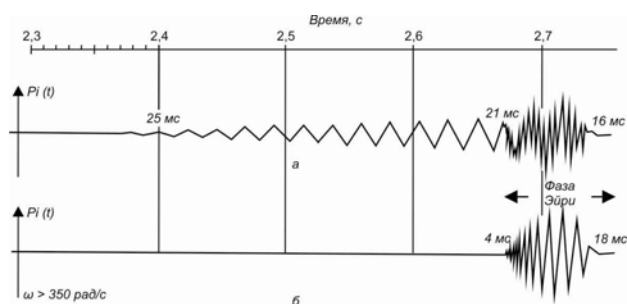


Рис. 2. Распространение нормальных волн в случае жидкого слоя, залегающего в упругом субстрате: а – волновой пакет для первой моды колебаний возбужденных источником на расстоянии 4 км; б – высокочастотная часть пакета, называемая водной волной [2]

Электроны находятся в зоне минуса несущей волны, протоны в зоне плюса. Для каждого физического элемента можно подобрать аналог стоячей электромагнитной волны с соответствующими параметрами волновода. Этим параметрам отвечают спектры поглощения и излучения электромагнитных волн, которые индивидуальны для каждого химического элемента [4]. В ядре атома за счет формирования протонного ядра в связи с уплотнением поля возникает среда для распространения акустических волн.

Последние на линейных зонах уплотнений будут формировать антисимметричные нормальные волны [5, 6]. Этим фазам стоячих волн ввиду потенциальности акустических полей будут отвечать зоны сжатия пространства и соответственно они сформируют нейтроны в ядре атомов. Таким образом, ядру атома отвечает набор стоячих электромагнитных и акустических волн, в результате чего формируется система чередующихся разночастотных импульсов, отвечающих электронам, протонам и нейтронам. На молекулярном уровне происходит наложение полей различных атомов, на основе чего образуется свой набор стоячих волн.

При переходе к крупным массивным объектам, в том числе планетам и системам планет наблюдаются

определенные закономерности в движении планет по орбитам, их размерам и массам.

Построив модель Солнечной системы в виде графика в координатах, масса планеты – расстояние от Солнца, с периодом импульса отвечающем диаметру планеты (рис. 3), отмечаем сходство в распределении амплитудно-частотных характеристик масс планет на графике с поведением фазы Эйри нормальной волны в волноводе (рис. 2 и 3). Следовательно, Солнечную систему можно аппроксимировать набором стоячих сейсмических волн.

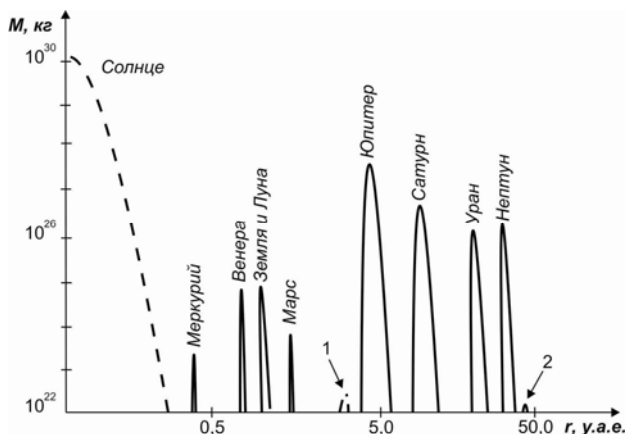


Рис. 3. Представление Солнечной системы в виде импульсной диаграммы, где амплитуде импульса соответствует масса планеты, ширине импульса – диаметр, расстояние от Солнца в условных астрономических единицах: 1 – пояс астероидов; 2 – Плутон и Харон

Наиболее четкое соответствие наблюдается для планет Земной группы.

Для планет-гигантов также имеет место удовлетворительное соответствие: отличие имеет место для Нептуна и Урана, что связано с эксцентриситетом орбиты Нептуна.

В корреляционную зависимость вписывается даже поведение задней части коды фазы Эйри (рис. 2) и участок графика, отвечающий планете Плутон со спутником Хароном (рис. 3).

Таким образом, фазам сжатия отвечают зоны образования планет. Так как одной из особенностей формирования нормальных волн в волноводах является присутствие нормальных волн первого, второго, третьего и т.д. порядков [2], то в волноводных зонах распределение волновых возмущений (уплотнений в виде масс) на различных энергочастотных уровнях будет носить отличный характер, свидетельствующий о многомерности пространства.

Поэтому в Солнечной системе можно ожидать того, что изменение амплитудно-частотных характеристик поля будет приводить к изменению распределения масс. Следовательно, возможен точечный переход в другие измерения, которым отвечают волновые возмущения других порядков.

Наличие многомерности пространства косвенно – подтверждает распределение спутников планет-гигантов Солнечной системы. На рис. 4 представлено их распределение в виде графиков по орбитам Юпитера, Сатурна и Урана. Если рассматривать это распределение с позиции теории распространения нормальных волн, то на графиках можно выделить антисимметричную фазу, отвечающую спутникам Ганимеду и Титану.

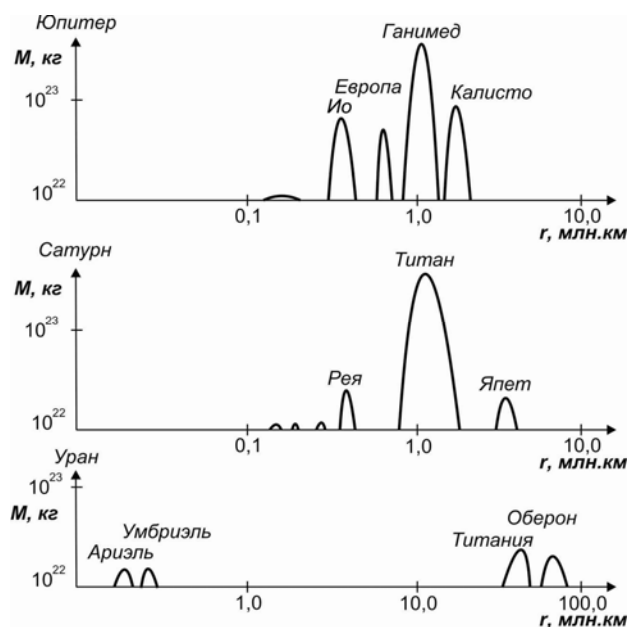


Рис. 4. Схема распределения спутников планет Солнечной системы, представленная в импульсных диаграммах

Антисимметричные фазы [5, 6] характерны для высокоскоростных слоев, находящихся в волново-

дах. Их формирование связано с резонансными явлениями.

Спутники Земли – Луна и Нептуна – Тритон, по-видимому, как подобные антисимметричным фазам, ограничивают этот высокоскоростной слой.

Таким образом, в Солнечной системе имеет место развитие, по крайней мере, еще одной нормальной волны с иным распределением волновых возмущений (уплотнений в виде масс), отличными от планет-гигантов и планет земной группы амплитудно-частотными характеристиками.

По-видимому, наличие пояса астероидов подтверждает существование нормальной волны более высокого порядка, чем волна, отвечающая Солнечной системе с распределением планет от Меркурия до Плутона.

Список литературы

1. Де Санто Дж. Акустика океана. – М.: Мир, 1982. – 318 с.
2. Клей К., Медвин Г. Акустическая океанография. – М.: Мир, 1980. – 580 с.
3. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Т. 2. Обработка и интерпретация данных. – М.: Мир, 1987. – 400 с.
4. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1974. – 942 с.
5. Rosenbaum I.N. Refraction arrivals through thin high Velocity layers. – Geophysics 1965. – Vol. 30 – № 2. April – P. 204-212.
6. Rosenbaum I.N. The response of an elastic plate submerged in a liquid half-space to explosive Sound. – Geophysics. – 1964 – V. 29. – № 3. – P. 370-394.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. К.Ф. Тяпкіним 05.07.09

И.А. Таран

СРАВНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕМНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ КАК ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ ДИЗЕЛЕВОЗА

Проведено порівняння універсальних характеристик електропередачі й нових універсальних характеристик гідропривода ГСТ-90 на предмет кінематичної, навантажувальної й енергетичної ефективності.

Проведено сравнение универсальных характеристик электропередачи и новых универсальных характеристик гидропривода ГСТ-90 на предмет кинематической, нагрузочной и энергетической эффективности.

Comparison of universal descriptions of electricity transmission and new universal descriptions of GST-90 is conducted for the purpose kinematics, loading and power efficiency.

Введение. Целесообразность использования в бесступенчатых трансмиссиях шахтных дизелевозов гидрообъемных передач (ГОП) или электрических передач можно объективно установить, только сравнив универсальные характеристики указанных передач, реализующих заданную мощность дизеля. Если универсальные характеристики какого-либо из вариаторов дадут в своем ядре лучший КПД и в целом более широкие зоны относительно высокого КПД, то появляется смысл говорить об эффективности соответствующей бесступенчатой передачи и искать ей применение в бесступенчатых трансмиссиях шахтных дизелевозов.

Состояние вопроса. Последние попытки использования в локомотивостроении бесступенчатых трансмиссий на основе гидромашин объемного типа отмечены на территории бывшего СССР в 70-80-х годах прошлого столетия. Это создание дизелевоза Д8-600 на основе аксиально-поршневых регулируемых гидронасосов НАС-71/200 и РНАС-125/320, гидромоторов МОПФ-160/250, МОПФ-400/320 [1] и маневрового тепловоза ТУ6А Камбарского машзавода на базе объемных роliko-лопастных гидропередач [2]. В настоящее время наибольшее распространение в ГОП колесных и гусеничных тягово-транспортных средств имеют аксиально-поршневые гидромашини типа “Сандстренд-Зауэр”. Тип гидромашин получил свое название от названия фирм “Сандстренд” (США) и “Зауэр” (Германия), которые явились разработчиками и организовали совместное производство этих гидромашин. В 70-80 годы в бывшем СССР также было налажено массовое производство гидромашин этого типа. В соответствии с лицензией были построены два крупных предприятия по выпуску гидромашин, которые специализировались на производстве гидропередач и запасных частей для использования в основном в военных целях (г. Салават Юлаев, Россия) и для народного хозяйства (ОАО “Гидросила”, г. Кировоград, Украина). Использование гидрообъемно-механических трансмиссий (ГОМТ) на базе аксиально-поршневых машин для сельхозмашин, легковых, грузовых и легких колесных и гусеничных машин (до 12-15 т) также очень актуально и перспективно. В этом смысле ОАО “Гидросила” является потенциальным катализатором и мощной элементной базой украинского транспортного и сельскохозяйствен-

ного машиностроения, производимый предприятием отечественный гидропривод ГСТ-90 предназначен для передачи движения от двигателя к ходовой части с бесступенчатым регулированием скорости движения и силы тяги при ручном управлении на тягово-транспортных средствах, в частности сельскохозяйственных машинах. Заметим, что под аббревиатурой ГСТ 90 понимается “гидростатическая трансмиссия” с рабочим объемом 90 см³, что не вполне корректно. На самом деле речь идет о силовом объемном гидроприводе, поскольку по определению трансмиссия – это вся совокупность узлов и деталей, передающих энергию от вала двигателя к ведущим колесам транспортного средства. В последние годы большие успехи в разработке ГОП на базе аксиально-поршневых гидромашин сделаны в агрегатном КБ завода “ФЭД” (г. Харьков). Использование электрических передач в бесступенчатых трансмиссиях тягово-транспортных средств не имеет пока эффективной технической реализации. Однако, в связи со значительным прогрессом в области создания электрических машин, разработкой новых конструкций с высокой удельной мощностью, КПД которых достигает 0,95-0,97, в [3] решена актуальная задача моделирования работы бесступенчатого электрического привода и получены его универсальные характеристики для сравнения с аналогичными характеристиками ГОП. По аналогии с ГОМТ, центральным блоком которых является гидрообъемная передача, обеспечивающая бесступенчатое регулирование, возможно создание электромеханической бесступенчатой трансмиссии, также позволяющей плавно изменять угловую скорость и момент на выходном звене при постоянной угловой скорости коленчатого вала двигателя.

Цель работы – сравнение универсальных характеристик электропередачи, как альтернативного вариатора, и новых универсальных характеристик ГСТ-90 на предмет кинематической, нагрузочной и энергетической эффективности их использования в бесступенчатых трансмиссиях шахтных дизелевозов.

Материалы исследований Сравнительный анализ кинематических, нагрузочных и энергетических параметров аксиально-поршневой гидропередачи ГСТ-90 и электрической передачи, состоящей из синхронного

генератора с возбуждением постоянными магнитами, частотного преобразователя и асинхронного двигателя проведем по результатам исследований, представленных в [3, 4]. Для удобства анализа приведем на рис. 1

универсальные характеристики электропередачи, а на рис. 2 универсальные характеристики ГСТ-90 по уточненным коэффициентам потерь в прямом потоке мощности.

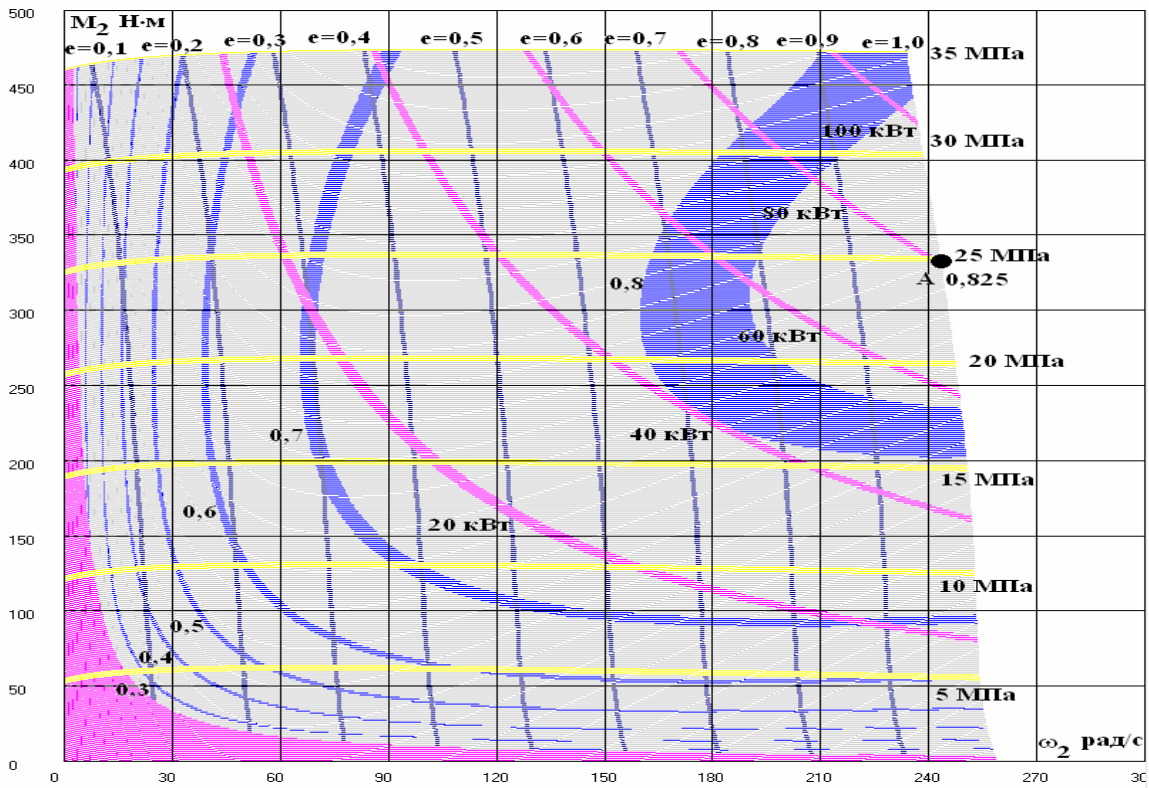


Рис. 1. Универсальные характеристики ГСТ-90 по уточненным коэффициентам потерь в прямом потоке мощности [3]

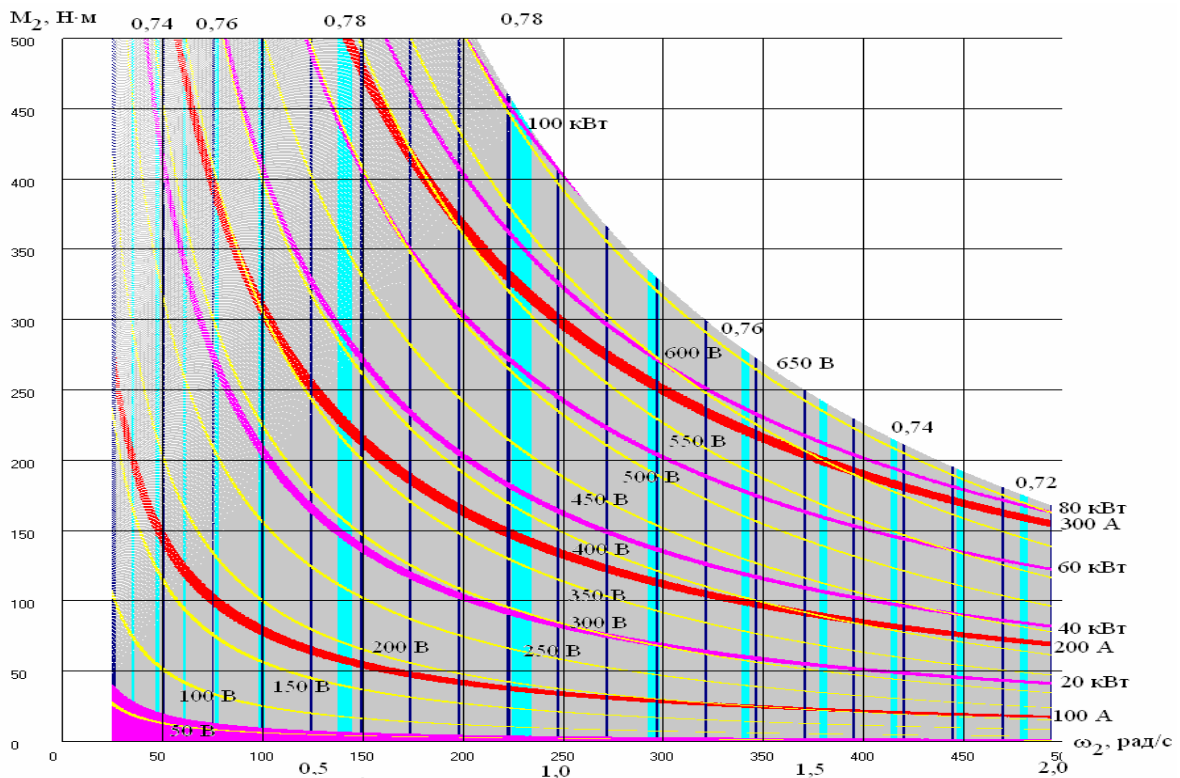


Рис. 2. Универсальная характеристика электрической передачи при $s = 6\%$ [4]

Выделим общие достоинства кинематических, нагрузочных и энергетических характеристик электрической передачи.

1. Электрическая передача имеет существенное положительное отличие от гидрообъемной передачи с точки зрения кинематического диапазона ($e \in [0; 2]$) – он в 2 раза шире по угловой скорости выходного вала асинхронного двигателя (до 500 рад/с), чем у аксиально-поршневого гидромотора. В ГОП e изменяется от 0 до 1 и $\omega_2 \leq 260$ рад/с. Уменьшение параметра регулирования гидромотора (то есть уменьшение угла наклона шайбы) теоретически приводит к повышению угловой скорости вала гидромотора, но на практике эта скорость не может быть реализована технически. В рассматриваемом случае для ГСТ-90 $\omega_{2\max} \leq 260$. Кроме того, подробный анализ двухмашинного регулирования для гидрообъемных передач, то есть одновременного регулирования углами наклона, и шайбы гидронасоса и шайбы гидромотора приводит к выводу о снижении общего КПД гидропередачи в целом и падении пропускаемой через ГОП мощности.

2. Важнейшим положительным достоинством электропередач является более широкое поле большего общего КПД, ограниченное линиями равных КПД по угловым скоростям выходного вала и линиями равных моментов нагрузки на нем по сравнению с гидропередачей. Так, например, область максимального общего КПД $\eta_0 \geq 0,76$ (для $s=6\%$, рис. 2) находится в широких интервалах параметра регулирования $e \in [0,31; 1,37]$, угловых скоростей вала электропередач $\omega_2 \in [76; 343]$ рад/с и моментов нагрузки $M_2 \in [0; 500]$ Нм. Для ГСТ-90 эти интервалы составляют соответственно: $e \in [0,5; 1,0]$, $\omega_2 \in [120; 250]$ рад/с, $M_2 \in [150; 500]$ Нм. Анализ площадей поля общего КПД $\eta_0 \geq 0,76$ дает следующее: для электропередачи эта площадь составляет 64,3% от общего поля КПД универсальных характеристик (рис. 2), а у ГСТ-90 не превышает 26,0%. А с учетом одинакового ограничения по угловой скорости $\omega_{2\max} \leq 260$ область КПД $\eta_0 \geq 0,76$ для электропередачи возрастает до 83,6% общей площади универсальных характеристик (по сравнению с упомянутыми 26,0% для ГСТ-90).

3. С уменьшением скольжения ($s = 4\%$, $s = 2\%$) область высокого КПД еще более расширяется, поскольку однозначно увеличивается кинематический КПД электропередачи с уменьшением скольжения.

4. С точки зрения КПД электропередачи рассматриваемого типа, состоящие из синхронного генератора переменного тока, частотного преобразователя и асинхронного электродвигателя переменного тока, существенно лучше прежде всего за счет более широких областей фиксированного КПД. В то же время следует отметить, что уровень общего наибольшего КПД как у гидрообъемных передач, так и электропередач примерно одинаков и составляет порядка 0,8-0,825.

Выводы. Основным недостатком электропередач рассматриваемого типа является то, что они не могут быть применены, как указывалось выше, в двухпо-

точных беступенчатых трансмиссиях, допускающих циркуляционные режимы мощности (т.е. обратные потоки мощности через электропередачу), но имеющих более высокие значения общего КПД за счет передачи мощности не только через беступенчатый вариатор (электродередачу или ГОП) с существенно переменным КПД, но и через механическую ветвь с относительно высоким КПД. Указанная особенность электропередач существенно снижает их функциональность по сравнению с гидрообъемными передачами с точки зрения использования в двухпоточных беступенчатых трансмиссиях, в которых общий КПД априори выше, чем в полнопоточных. Более того, структурный и параметрический синтез беступенчатых двухпоточных ГОМТ позволяет для заданного транспортного средства определить кинематическую схему и конструктивные параметры, оптимальные по тяговой динамике или КПД в диапазонах наиболее вероятных рабочих режимов тягово-транспортной машины, то есть максимизировать тяговые и энергетические возможности трансмиссии.

Применение электрических передач рассмотренного типа не исключается в двухпоточных беступенчатых трансмиссиях, кинематические схемы которых обеспечивают только параллельный поток мощности от двигателя к ведущим колесам по обеим ветвям трансмиссии – механической и электрической. В этом случае регулировочная характеристика такой трансмиссии, то есть зависимость параметра регулирования e электропередачи от скорости V движения тягово-транспортной машины должна исходить из 0 и обеспечивать максимум скорости при максимальном значении параметра регулирования. В таких двухпоточных трансмиссиях режимы циркуляции мощности исключены. Дальнейшие исследования будут посвящены оценке степени эффективности беступенчатых двухпоточных трансмиссий на базе гидрообъемных передач и электропередач применительно к конкретной тягово-транспортной машине – шахтному дизелевозу.

Список литературы

1. Ющенко А.И., Гудалов В.П. Справочник машиниста рудничного локомотива. – М.: Недра. – 1981. – 200 с.
2. Домогацкий В.В. Выбор оптимальных параметров объемной гидропередачи для узкоколейных тепловозов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. / МИИТ. – М., 1978. – 26 с.
3. Информационные технологии при проектировании и расчете беступенчатых трансмиссий на базе электрических передач / Буряковский С.Г., Рогов А.В., Таран И.А., Самородов Б.В. // Механика и машиностроение. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – № 1. – С. 274-279.
4. Таран И.А. Построение и анализ универсальных характеристик гидропередач на базе аксиально- и радиально-поршневых гидромашин как элементов трансмиссий шахтных дизелевозов // Матер. міжнар. конф. «Форум гірників – 2009», т. 1. – Д.: НГУ, 2009. – С. 230-235.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 05.09.09

УДК 629.11.012.5:621.8.031.6

А.А. Савченко, В.Е. Олишевская

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОЭФФИЦИЕНТ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ МАССИВНЫХ ВЫСОКОЭЛАСТИЧНЫХ ШИН

Визначено основні чинники, що впливають на коефіцієнт опору кочення, які дозволяють скласти лінійне рівняння регресії і прогнозувати величину коефіцієнта опору кочення для різних типорозмірів промислових і проєктованих масивних шин та виконувати підбір шин для спеціалізованих транспортних засобів із урахуванням умов експлуатації.

Определены основные факторы, влияющие на коэффициент сопротивления качению, которые позволяют составить линейное уравнение регрессии и прогнозировать величину коэффициента сопротивления качению для различных типоразмеров промышленных и проектируемых массивных шин и выполнять подбор шин для специализированных транспортных средств с учетом условий эксплуатации.

The basic factors which influence on the coefficient of rolling resistance are considered. These factors allow to work out a linear equation of regression and do a prognosis of value of coefficient of rolling resistance for different sizes of industrial and designed massive tires. The multifactor analysis will allow to execute the selection of tires for the specialized transport vehicles taking into account external environments.

Сегодня в Украине, имеющей энергоемкие металлургические и горнорудные предприятия, важной и актуальной задачей является создание новых и усовершенствование существующих специализированных транспортных средств (СТС), предназначенных для погрузки и транспортировки на небольшие расстояния штучных или насыпных грузов [1, 2].

Основным типом шин для СТС, работающих на дорогах, как правило, с твердым покрытием, являются массивные высокоэластичные шины, которые обладают рядом преимуществ: бесшумны, смягчают толчки и удары, возникающие от неровностей дороги, защищают от повреждений полы производственных помещений и дорожные покрытия, обладают высокой грузоподъемностью, небольшой площадью контакта с опорной поверхностью, что позволяет легко совершать повороты на месте. Массивные шины достаточно надежны в эксплуатации, так как порезы, трещины, незначительные вырывы и сколы резинового массива, внедрение в резину посторонних предметов не вызывают потери работоспособности и не приводят к авариям.

Особую роль при работе СТС играют условия эксплуатации: пересечение полотна автомобильных дорог и железнодорожных путей, большое количество поворотов, россыпи стружки, окалины, наличие в шахтах повышенной влажности, высокой твердости и абразивности породы. Сложные эксплуатационные условия вызывают многие технические проблемы, наиболее значимой из которых является проблема обеспечения надежности элементов ходовой части СТС.

Важным параметром, необходимым для расчета мощности двигателя СТС, который влияет на мощно-

стные и экономические параметры СТС, на срок службы шины, и в конечном результате – на детали подвески в целом и определяет эффективность использования СТС, является коэффициент сопротивления качению.

Цель статьи – определение факторов, наиболее влияющих на коэффициент сопротивления качению и позволяющих составить линейное уравнение регрессии и прогнозировать величину коэффициента сопротивления качению для различных типоразмеров промышленных и проектируемых шин специализированных транспортных средств.

На величину коэффициента сопротивления качению в общем случае оказывают влияние следующие факторы [1]:

- конструктивные: диаметр шины, ширина профиля шины, толщина профиля шины, рисунок протектора, число слоев корда, конструкция каркаса, величина передаваемого через шину момента;
- технологические: используемые материалы, технология изготовления шин;
- эксплуатационные: тип и состояние дороги, скорость движения, вес, приходящийся на колесо.

В условиях эксплуатации на массивную высокоэластичную шину действуют: нормальная нагрузка P_z , всегда направленная вниз перпендикулярно плоскости дороги; толкающая сила P_x , параллельная плоскости дороги и в зависимости от режима движения направленная по движению или против движения колеса; момент M ; касательная реакция дороги R_x , расположенная в плоскости дороги и в зависимости от режима движения направленная по движению колеса или против движения колеса; нормальная реакция дороги R_z , всегда направленная вверх перпендикулярно плоскости дороги (рис. 1).

Под действием внешней нагрузки шина в зоне контакта с опорной поверхностью подвергается сложной деформации (рис. 2) [2, 3]. В резиновом массиве при деформации шины под нагрузкой возникают напряжения растяжения, сжатия и сдвига. Однако из-за взаимосвязи между этими видами деформации достаточно четко разграничить их не удастся, а определение напряжений и деформаций резинового массива представляет собой одну из сложных трехмерных задач теории упругости [4].

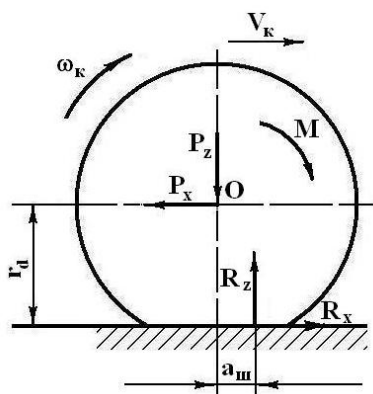


Рис. 1. Схема сил, приложенных к колесу при качении по недеформируемой дороге

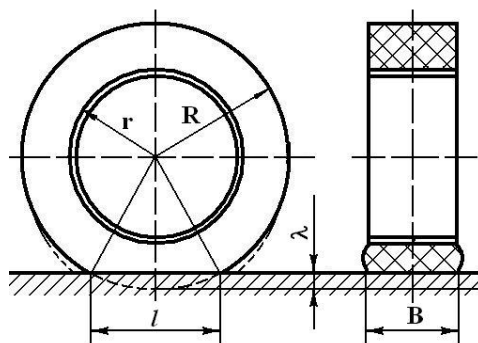


Рис. 2. Деформация массивной шины при нагружении

В инженерной практике расчеты массивных шин основаны на выборе их геометрических параметров (наружного диаметра, толщины и ширины резинового массива) при заданной нагрузке, исходя из компоновки ходовой части СТС для скоростей до 16 км/ч и последующей проверки правильности такого выбора по расчету среднего давления в зоне контакта, которое не должно превышать 11,8...12,7 МПа [1].

При выводе расчетных зависимостей принимают допущения:

- в пределах испытываемых шиной нагрузок и деформаций резина подчиняется закону Гука;
- шина рассматривается как резиновый цилиндр определенной толщины прямоугольного сечения без заделки по основанию (без учета крепления массива к бандажу или ободу-ступице);

– учитывается только радиальная (нормальная) деформация λ (рис. 2), а всеми другими видами деформации пренебрегают.

Одним из факторов, влияющих на коэффициент сопротивления качению, является смещение $a_{ш}$ нормальной реакции дороги R_z . Точка приложения нормальной реакции дороги R_z смещена относительно основания перпендикуляра, опущенного из центра колеса на плоскость дороги на величину $a_{ш}$ (см. рис. 1). Смещение $a_{ш}$ нормальной реакции дороги R_z вызвано потерями энергии в процессе сжатия элементов шины в набегающей области контактной площадки и распрямления элементов шины в сбегаящей области контактной площадки. При этом происходят внутренние потери в материале шины (гистерезис) и потери на трение между элементами шины и поверхностью дороги.

Смещение $a_{ш}$ нормальной реакции дороги R_z является причиной возникновения силы сопротивления качению СТС P_k , которая определяется как сумма сил сопротивления качению всех его колес

$$P_k = f \sum_{i=1}^n R_{zi},$$

где f – коэффициент сопротивления качению колеса; n – число колес; R_{zi} – нормальная реакция опорной поверхности i -го колеса.

Коэффициент сопротивления качению можно записать в виде

$$f = \frac{a_{ш}}{r_0}, \tag{1}$$

где $a_{ш}$ – смещение нормальной реакции, мм; r_0 – динамический радиус, т. е. расстояние от оси катящегося колеса до опорной поверхности (дороги), мм (рис. 1).

Учитывая, что массивные высокоэластичные шины работают на твердом покрытии при небольших скоростях, можно считать, что

$$r_0 \approx r_{cm},$$

где r_{cm} – статический радиус – расстояние от оси неподвижного колеса, нагруженного нормальной силой, до опорной поверхности (дороги), мм.

Величина статического радиуса может быть приближенно найдена по номинальным размерам шины

$$r_{cm} = 0,5D_2 + \lambda B,$$

где D_2 – внутренний (посадочный) диаметр бандаж, мм; λ – максимальная радиальная деформация шины при длине контакта l , мм; B – ширина профиля шины, мм.

Максимальная радиальная деформация шины λ (рис. 2) рассчитывается по формуле

$$\lambda = R \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{l}{D} \right)^2} \right], \quad (2)$$

где R – радиус шины, мм; D – диаметр шины, мм.

Длина контакта l шины определяется по формуле

$$l = 2,15 \sqrt{\frac{DP_z}{2BE}}, \quad (3)$$

где P_z – нагрузка на шину, Н; E – модуль упругости резины.

Таким образом, выражение (1) можно записать в следующем виде

$$f = \frac{a_{ш}}{0,5D_2 + \lambda B}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что основными факторами, влияющими на коэффициент сопротивления качению, являются: смещение $a_{ш}$ нормальной реакции, внутренний (посадочный) диаметр банджа D_2 , максимальная радиальная деформация шины λ и ширина профиля шины B .

Рассмотрение промышленного ряда массивных высокоэластичных шин показало, что смещение нормальной реакции $a_{ш}$ находится в пределах 0,57...5,4 мм.

Уменьшение смещения нормальной реакции $a_{ш}$ уменьшает коэффициент сопротивления качению, увеличивает жесткость шины, что отрицательно влияет на срок службы подвески, снижает время ее работы.

Увеличение $a_{ш}$ повышает коэффициент сопротивления качению, что отрицательно влияет на мощностные и экономические параметры СТС.

Увеличение внутреннего (посадочного) диаметра банджа D_2 приводит к уменьшению коэффициента сопротивления качению (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициент сопротивления качению колес с массивными шинами

Нагрузка на шину P_z , Н	Размеры шин $D \times B \times D_2$, мм		
	$320 \times 160 \times 225$	$500 \times 160 \times 375$	$630 \times 160 \times 480$
12000	0,0122	0,0095	0,0097
22000	0,0134	0,0123	0,0104
32000	0,0144	0,0132	0,0117

Рассмотрение максимальной радиальной деформации шины λ показывает, что в формулы (2) – (3) входят радиус шины R , диаметр шины D , нагрузка на шину P_z , ширина профиля шины B и модуль упругости резины E .

Авторы данной статьи предлагают вместо фактора максимальной радиальной деформации шины λ рассматривать следующие факторы: нагрузку на шину P_z , ширину профиля шины B и модуль упругости резины E . Увеличение каждого из этих факторов приводит к росту коэффициента сопротивления качению.

Используя экспериментальные данные для выпускаемых шин, можно представить зависимость коэффициента сопротивления качению от перечисленных факторов в виде линейного уравнения регрессии

$$f = x_0 + x_1 a_{ш} + x_2 D_2 + x_3 P_z + x_4 B + x_5 E,$$

где x_0, x_1, x_2, x_3, x_4 и x_5 – коэффициенты регрессии.

Таким образом, на основании рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

- основными факторами, влияющими на коэффициент сопротивления качению массивных высокоэластичных шин, являются: величина смещения нормальной реакции $a_{ш}$, внутренний (посадочный) диаметр банджа D_2 , нагрузка на шину P_z , ширина профиля шины B и модуль упругости резины E ;

- установлено влияние на коэффициент сопротивления качению каждого из основных факторов в отдельности;

- предложено с помощью коэффициентов регрессии проводить анализ влияния на коэффициент сопротивления качению всех факторов одновременно;

- многофакторный анализ позволит прогнозировать величину коэффициента сопротивления качению для различного типоразмера промышленных и проектируемых массивных шин, а также выполнять подбор шин для специализированных транспортных средств с учетом условий эксплуатации.

Список литературы

1. Савосин В.С., Богачев М.Л. Массивные шины (конструкция, изготовление, эксплуатация). – М.: Химия, 1981. – 112 с.
2. Литвинов А.С. Теория эксплуатационных свойств автомобилей. – М.: Типография изд-ва МГУ, 1975. – 178 с.
3. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 230 с.
4. Лепетов В.А., Юрцев Л.Н. Расчеты и конструирование резиновых изделий. – Л.: Химия, 1977. – 408 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Самусею 15.09.09

УДК 622

А.А. Титов, Д.С. Бутов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ПЛАСТИНЧАТОГО СГУСТИТЕЛЯ ЗАДАНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Показано існування мінімуму матеріалоемності для конструкції пластинчастого згущувача заданої продуктивності. Обґрунтовано компоновальні розміри осаджувальної та розвантажувальної камер згущувача.

Показано существование минимума материалоемкости для конструкции пластинчатого сгустителя заданной производительности. Обоснованы компоновочные размеры осадительной и разгрузочной камер сгустителя.

The existence of minimum value of the material capacity for the lamellate thickener design of certain productivity is shown. The basic dimensions of sedimentary and unloading chambers of the thickener are grounded.

Введение. Операция сгущения пульпы или технологических жидкостей широко применяется при обогащении полезных ископаемых, в металлургических процессах, в химической технологии как вспомогательная, но, безусловно, необходимая операция. Например, каждая стадия мокрого обогащения требует своего соотношения количества жидкой и твердой фаз, при которых эффективность работы конкретной обогатительной машины или аппарата будет максимальной [1]. Излишек жидкости с минимальным содержанием твердых частиц в дальнейшем может быть источником оборотной воды, повторно запускаемой в технологический процесс, или условно чистой воды, которая сливается назад в экосистему.

По состоянию на сегодняшний день, в промышленности используются преимущественно радиальные сгустители, одно- или многоярусные, с центральным или периферическим приводом [1]. Их максимальный диаметр достигает многих десятков метров, а сооружение требует высоких капитальных затрат и наличия большого пространства, однако, удельная производительность невысока и составляет 0,3...0,7 т/сут на один квадратный метр зеркала жидкости в сгустителе. Применение радиальных сгустителей оправдано при больших потоках пульпы, как, например, перерабатывают горнообогатительные комбинаты.

Другими аппаратами для сгущения являются гидросепараторы, магнитные дешламаторы, гидроциклоны и пластинчатые («тонкослойные») сгустители. За исключением первого аппарата, принцип действия остальных призван повысить интенсивность осаждения частиц или флоккул за счет применения, соответственно, магнитного поля, центробежного поля или повышения эффективной площади осаждения путем разбиения осадительной камеры на тонкие каналы с помощью пластин.

Мы присоединяемся к известной точке зрения, что весьма перспективно применение пластинчатых сгустителей, так как их поверхность осаждения сопоставима с радиальными сгустителями, а удельная производительность существенно выше. Эти аппараты могут применяться при переработке пульпы в широком диапазоне производительности, перекрывая

области применения радиальных сгустителей и имея габариты порядка нескольких метров. Это дает возможность применять компактные, энергонапряженные аппараты для малых, средних и больших технологических линий, в том числе и для мобильных установок, исследование которых в настоящее время представляет большой интерес [2-4].

Описание конструкции. Пластинчатые сгустители по принципу действия делят на прямоточные, противоточные и с поперечным потоком [1].

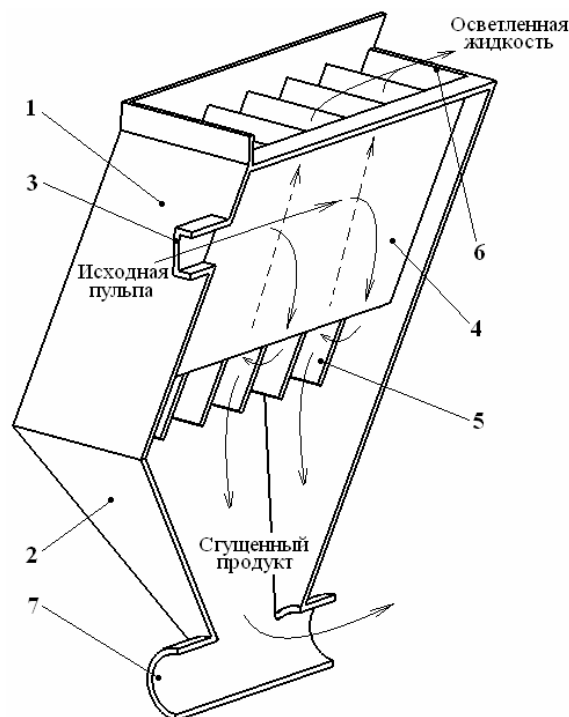


Рис. 1. Разрез противоточного пластинчатого сгустителя по плоскости симметрии: 1 – осадительная камера; 2 – разгрузочная камера; 3 – входной патрубок; 4 – центральная стенка; 5 – осадительная пластина; 6 – сливной порог; 7 – труба разгрузочного шнека

Для горной промышленности наиболее применимы противоточные сгустители, где движение исход-

ной пульпы и сгущенного продукта происходят в противоположных направлениях (см. рис. 1, геометрические пропорции изменены для облегчения изложения). Подача исходной пульпы, предварительно обработанной флокулянтами, осуществляется через патрубок 3 между двумя центральными пластинами 4. Выход из этого канала имеется только вниз, таким образом пульпа поступает под небольшим напором в одинаковом объеме в зазор между каждыми соседними осадительными пластинами 5 и движется вверх. При этом накладывается ограничение на скорость движения пульпы в тонких зазорах, высота которых не более 50 мм, чтобы режим движения был ламинарным и отсутствовало перемешивание исходного питания со сгущенным продуктом. Последний, оседая при движении в зазорах на пластины 5, сползает по ним вниз, в разгрузочную камеру 2, откуда, в зависимости от конструкции сгустителя, удаляется тем или иным разгрузочным органом, обычно вибрационным или шнековым [1, 5]. Осветленная вода, выходя из зазоров между пластинами, переливается через сливной порог 6.

Осадительная камера 1, как правило, имеет форму наклонной призмы с прямоугольным основанием, тогда как разгрузочная камера 2 встречается в различных исполнениях, как это приведено на рис. 2 в идеальных геометрических фигурах.

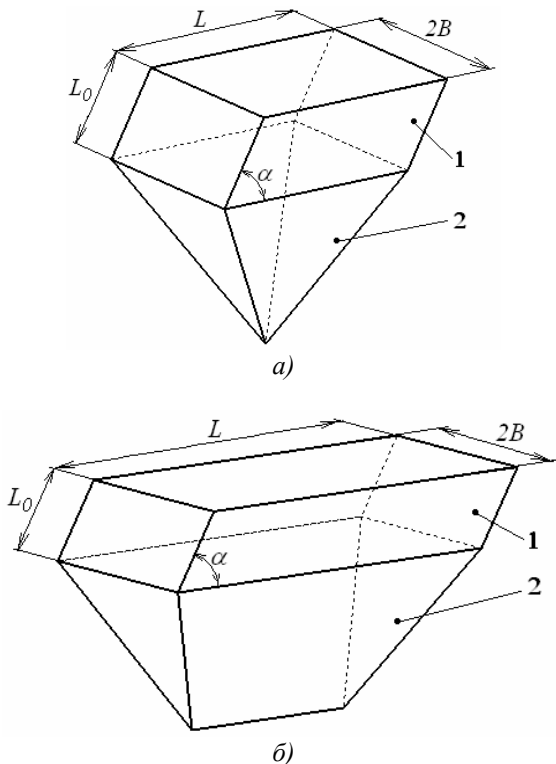


Рис. 2. Варианты исполнения разгрузочной камеры сгустителя: а – пирамидальная форма; б – пирамидально-призматическая форма; 1 – осадительная камера; 2 – разгрузочная камера

Угол наклона осадительных пластин к горизонтальной плоскости α составляет $25^\circ \dots 60^\circ$, углы на-

клона боковых пластин корпуса разгрузочной камеры к горизонтальной плоскости также принимаем равными углу α (они должны быть не менее величины α). Базовыми компоновочными параметрами считаются длина осадительной камеры L , ширина пластины B и длина пластины L_0 .

Учитывая, что пирамидальная форма разгрузочной камеры является частным случаем пирамидально-призматической, в дальнейшем будем рассматривать только последнюю.

Методика расчета параметров сгустителя. Исходными данными для расчета являются средняя скорость движения пульпы в тонких зазорах между пластинами v и скорость осаждения флокул на пластины v_{oc} (рис. 3).

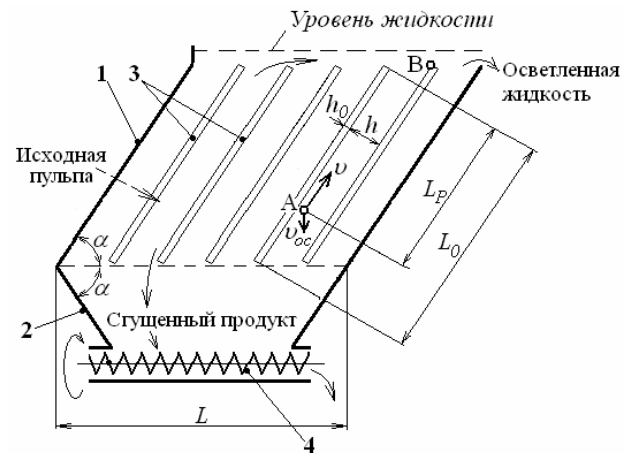


Рис. 3. Расчетная схема сгустителя: 1 – осадительная камера; 2 – разгрузочная камера; 3 – осадительные пластины; 4 – разгрузочный орган

Как следует из приведенных выше данных, исходная пульпа подается в зазор между каждыми соседними осадительными пластинами на расстоянии L_p от верхнего конца пластин в точку А. Как и для гидравлических классификаторов [6], граничным расчетным случаем является попадание частицы в точку В. Флокулы, прошедшие выше точки В, уходят в слив, а ниже – оседают на пластины и уходят вниз на разгрузку.

Поэтому, для граничного расчетного случая при $h \ll L_p$ справедливо соотношение

$$\frac{v_{oc}}{v} = \frac{h}{L_p \cdot \cos(\alpha)}, \quad (1)$$

где h – расстояние между соседними пластинами, а рабочая длина пластины находится по формуле

$$L_p = K_{исп} \cdot L_0; \quad (2)$$

здесь $K_{исп}$ – коэффициент использования пластины.

Производительность сгустителя по исходной пульпе определяется из выражения:

$$Q = \frac{h \cdot B \cdot v \cdot N}{\gamma_{сл}}, \quad (3)$$

где $\gamma_{сл}$ – выход слива; N – суммарное количество осадительных пластин, которое находится по формуле

$$N = \frac{2 \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{h + h_0}; \quad (4)$$

здесь h_0 – толщина осадительной пластины.

Рациональные параметры сгустителя будем подбирать при прочих равных условиях разделения, к которым относятся величины v , $v_{ос}$, h , α , Q и $\gamma_{сл}$. С учетом выражений (1) и (2), при постоянном коэффициенте $K_{усл}$ и заданных условиях разделения имеем $L_p = const$, $L_0 = const$.

Зафиксировав также величину h_0 , будем иметь два параметра, влияющих на производительность – L и B , что подтверждается, с учетом (3) и (4), следующим выражением для производительности:

$$Q = \frac{2 \cdot B \cdot L \cdot h \cdot v \cdot \sin(\alpha)}{(h + h_0) \cdot \gamma_{сл}}. \quad (5)$$

Критерием выбора рационального соотношения длины и ширины осадительной камеры, на наш взгляд, служит материалоемкость сгустителя. Здесь имеют значение такие величины, как суммарная площадь осадительных пластин, выполняемых из

$$S = \frac{2 \cdot h \cdot v}{v_{ос} \cdot K_{усл} \cdot \cos(\alpha)} \cdot \left(\frac{Q \cdot (h + h_0) \cdot \gamma_{сл}}{2 \cdot L \cdot h \cdot v \cdot \sin(\alpha)} + L \cdot \sin(\alpha) \right) + \frac{Q \cdot (h + h_0) \cdot \gamma_{сл}}{4 \cdot L \cdot h \cdot v \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)} \cdot \left(\frac{Q \cdot (h + h_0) \cdot \gamma_{сл}}{2 \cdot L \cdot h \cdot v \cdot \sin(\alpha)} + L \right).$$

Характерная зависимость для сгустителя производительностью $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ приведена на рис. 4. Как видно из графика, имеется явно выраженный минимум площади боковой поверхности. Можно предположить, что аналогичный минимум будет существовать и для разгрузочных камер иной геометрии.

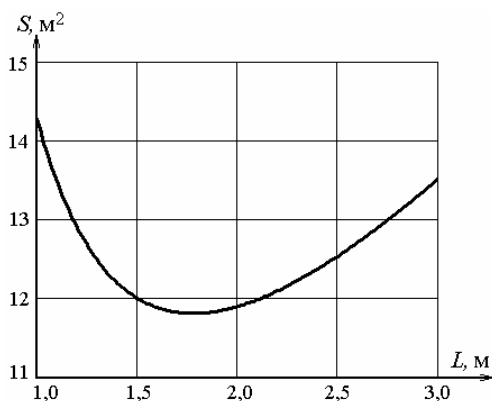


Рис. 4. Характерная зависимость площади боковой поверхности сгустителя от длины осадительной камеры

Выводы. Обоснованы рациональные размеры противоточного пластинчатого сгустителя с заданной производительностью по исходной пульпе.

Критерием рационального соотношения длины и ширины осадительной камеры является материалоемкость сгустителя, зависящая от суммарной площа-

ди поверхности осадительных пластин и площади боковой поверхности корпуса сгустителя.

Выражение для суммарной площади осадительных пластин сгустителя имеет такой вид:

$$S_{ос} = B \cdot L_0 \cdot N,$$

или с учетом (1)-(4)

$$S_{ос} = Q \cdot \frac{\gamma_{сл}}{v_{ос} \cdot K_{усл} \cdot \cos(\alpha)} = const.$$

Таким образом, количество материала на изготовление осадительных пластин не зависит от соотношения длины и ширины сгустителя.

Боковая поверхность корпуса сгустителя будет приблизительно равна боковой площади тела, изображенного на рис. 2, б, за вычетом верхней грани, которая является открытой:

$$S = 2 \cdot L_0 \cdot (B + L \cdot \sin(\alpha)) + \frac{B \cdot (B + L)}{2 \cdot \cos(\alpha)},$$

или, выразив согласно (5) ширину сгустителя через его длину, с учетом (1) и (2) имеем

ди поверхности осадительных пластин и площади боковой поверхности корпуса сгустителя.

Площадь поверхности осадительных пластин постоянна при заданной производительности.

Найдена зависимость площади поверхности корпуса сгустителя от длины осадительной камеры, которая имеет явно выраженный минимум.

Список литературы

1. Справочник по обогащению руд в 3-х т. / Гл. ред. О.С. Богданов. – Т. 1. Подготовительные процессы. Отв. ред. В.А. Олевский – М.: Недра, 1972. – 448 с.
2. Степура В.Н., Черкасов В.Ю. Циркуляционная концентратия как направление совершенствования технологии гравитационного извлечения золота на ГМЗ-2 // Горный вестник Узбекистана. – 2008. – № 2(33).
3. www.zavodtrud.ru/2009/02.
4. Пироженко В.П. Выбор и обоснование рациональных параметров сгустительного-смесительного оборудования закладочных комплексов для приготовления твердеющей смеси на основе хвостов обогащения полиметаллических руд: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: СПГГИ, 2009. – 20 с.
5. www.sib-tm.ru/projects/equipment/catalogue/prod9.
6. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1980. – 400 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Франчуком 26.05.09

УДК 622.244.46

А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ С ПРОДУКТАМИ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ СКВАЖИН

Розглянуто особливості фізико-хімічних процесів, що протікають на межі розподілу фаз при очищенні свердловин від продуктів руйнування газорідкісними сумішами.

Рассмотрены особенности физико-химических процессов протекающих на границе раздела фаз при очистке скважины от продуктов разрушения газожидкостными смесями.

The subject of the article is a method of cleaning of bore holes is gasliquid from the products of destruction. The features of physical and chemical processes of flowings on the border of section phases are considered at the indicated method.

Введение. Очистка скважин с применением газожидкостных смесей – сравнительно новый и не вполне изученный метод бурения [1]. Тем не менее из анализа опубликованных работ [2] известно, что он значительно повышает производительность и экономичность буровых работ.

Основной эффективностью процесса очистки скважины от продуктов разрушения при их бурении с использованием газожидкостных смесей является возможность и прочность прилипания частиц разрушенной породы к пузырькам газа. Возможность и прочность прилипания частиц, в свою очередь, определяется физико-химическими процессами, а именно смачивания и адгезии, протекающими на границе раздела фаз газ – жидкость – твердое тело. Указанные явления служат предметом значительного числа работ, например [3-4], посвященных вопросам металлургии, машиностроения, химии, обогащения и т.д. К настоящему времени разработаны теоретические основы явлений смачивания и адгезии: природа адгезионного взаимодействия, зависимость адгезии от свойств контактирующих фаз, параметры характеризующие эти явления и некоторые другие.

Рассмотрение и обобщение на основе накопленного материала явлений, протекающих в скважине при взаимодействии газожидкостных смесей с продуктами разрушения, позволит наметить подходы к научному обоснованию технологии и эффективному управлению процессом бурения с применением газожидкостных смесей.

Целью статьи является теоретическое обоснование явлений, сопровождающих и обуславливающих процесс прилипания частиц разрушенной породы к пузырькам газа.

Основной материал. В оценке явлений, происходящих при взаимодействии потока газожидкостной смеси с продуктами разрушения при бурении скважин, необходимо учитывать особенности механизма разрушения горных пород и циркуляционных процессов, протекающих как на забое скважины, так и в ее стволе. Очевидно, что и физико-химические процессы, происходящие при этом, будут несколько отличаться от рассмотренных и

изученных в приложении к ряду производственных процессов.

Процесс взаимодействия газожидкостных смесей, а, в частности пен, с продуктами разрушения при бурении скважин можно условно разделить на несколько последовательных стадий. На первой стадии происходит сближение частиц разрушенной породы с поверхностью пузырьков газа. На второй – захват частицы породы поверхностью пузырька. На третьей стадии, в результате прилипания частиц породы к пузырькам газа, происходит их удаление с забоя и транспортирование на поверхность по стволу скважины.

Из сказанного следует, что вторая стадия процесса является определяющей, без которой невозможно нормальное течение всего технологического процесса. Следовательно, выяснение факторов, влияющих на механизм захвата частицы породы поверхностью пузырька газа, позволит установить критерии управления процессом очистки скважины с применением газожидкостных смесей.

Переходя к вопросу о взаимодействии газожидкостных смесей с продуктами разрушения, необходимо четко обозначить физико-химические свойства контактирующих фаз, которые, несомненно, формируют весь комплекс процессов, протекающих на забое и в стволе скважины. Здесь наиболее важным является понимание особой роли поверхностных слоев молекул каждой из фаз [3-4].

Пену можно рассматривать как ячеисто-пленочную дисперсную систему, образованную множеством пузырьков газа, разделенных пленками жидкости [5]. Пена, как и любая дисперсная система, является агрегативно неустойчивой, что объясняется наличием избытка поверхностной энергии, пропорциональной поверхности раздела фаз жидкость – газ. Известно [3], что система, обладающая избытком свободной поверхностной энергии, находится в неустойчивом равновесии, поэтому энергия такой системы всегда стремится к уменьшению, до момента достижения своего минимального значения, при котором в системе наступит равновесие. Если такая система состоит из различных фаз, в нашем случае из жидко-

сти и газа, то минимальное значение свободной энергии, а значит, и поверхности раздела, будет достигнуто тогда, когда вся пена превратится в жидкость и газ. Отметим [3], что поверхностная энергия может уменьшаться как за счет сокращения поверхности раздела, так и в результате адсорбции. Доказано, что чистые жидкости не образуют сколько-нибудь устойчивой пены [6]. Таким образом, для образования стабильной пены необходим третий компонент, образующий поверхностный слой, отличающийся по составу от общей массы жидкости – пенообразователя. Такими компонентами являются поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые, адсорбируясь в межфазовых поверхностях раздела, снижают избыток поверхностной энергии. Молекулы ПАВ состоят из двух частей [7], отличающихся по своим свойствам – полярной и аполярной. Такое строение молекул ПАВ обуславливает их хорошую растворимость в воде, кроме того, они имеют сродство с неполярными средами. Специальными исследованиями показано, что пена устойчиво «существует» только после достижения предельной адсорбции. До этой концентрации образуемая пена весьма неустойчива [7].

Приведенный анализ условий процесса пенообразования приводит к следующему выводу: пена представляет собой каркас из молекул ПАВ, между адсорбционными слоями которых находятся пленки жидкости той или иной толщины.

Процесс углубки скважины сопровождается непрерывным отделением от забоя частиц разрушенной породы – шлама. При этом, вновь образуемая поверхность частиц обладает тем или иным уровнем некомпенсированной поверхностной энергии, который зависит от характера и числа связей, разрушаемых при отделении частицы от массива породы, а это позволяет считать, что именно энергетические свойства поверхностей в дальнейшем и определяют ход процесса очистки скважины от шлама.

Подводя итог, можно сделать следующий вывод. Перечисленные фазы, согласно представлениям термодинамики, являются, в принципе, неустойчивыми из-за наличия большого количества свободной поверхностной энергии. Поэтому все самопроизвольные процессы в них могут быть направлены только в сторону уменьшения их энергии.

Рассматривая пену как поверхность, способную концентрировать в себе частицы разрушенной породы, очевидно, что закрепление в ней этих частиц обусловлено взаимодействием свободных поверхностных энергий. Распространение принципов термодинамики, с известными допущениями, на процессы, протекающие в скважине при использовании газожидкостных смесей в качестве очистного агента, приводит к ряду важных выводов [8]. Устойчивая транспортировка частиц шлама газожидкостными смесями с забоя на поверхность обусловлена стремлением свободной энергии контактирующих фаз к своему минимуму. Действительно, комплекс частичка шлама – пузырек газа является более термодинамически устойчивой системой, чем та, которая со-

стоит из газовых пузырьков и отделенных от забоя частиц шлама. Снижение энергии в этом случае связано с сокращением площади раздела фаз. Учитывая это, целесообразным представляется следующий механизм взаимодействия газожидкостных смесей с продуктами разрушения при бурении скважин. В процессе захвата пузырьком частицы разрушенной породы происходит адсорбция молекул ПАВ, которая зависит от физико-химических свойств взаимодействующих фаз [3]. В результате такого механизма полярная группа ПАВ образует с поверхностным слоем молекул определенную связь. Обоснованием ведущей роли адсорбционных процессов может быть тот факт, известный из практики бурения [9], что с повышением расхода ПАВ – пенообразователя улучшается вынос частиц разрушенной породы. Это можно объяснить, прежде всего, повышением плотности адсорбционных слоев, а следовательно, и увеличением прочности контакта частичка породы – пузырек газа.

Выводы. Многообразие свойств пенообразующих ПАВ, сложная система явлений, сопутствующих образованию комплекса “частичка разрушенной породы – пузырек газа” требует экспериментальной работы по проверке высказанных в настоящей работе теоретических положений.

Список литературы

1. Мураев Ю.Д. Газожидкостные системы в буровых работах. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского государственного университета, 2004. – 124 с.
2. Давиденко А.Н., Игнатов А.А. Вопросы очистки скважины при использовании газожидкостных смесей // Научный вестник НГУ. – 2007. – № 12. – С. 62-64.
3. Адамсон А. Физическая химия поверхностей: Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
4. Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. – М.: Химия, 1974. – 416 с.
5. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 264 с.
6. Дьяконов Г.К. Вопросы теории подобия в области физико-химических процессов. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 206 с.
7. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.
8. Давиденко А.Н., Игнатов А.А. О взаимодействии газожидкостных смесей с продуктами разрушения при бурении скважин // Научный вестник НГУ. – 2008. – № 12. – С. 75-77.
9. Лопатин Ю.С. Коренное улучшение технологии строительства скважин при разработке нефтяных, газовых и геотермальных месторождений взамен традиционной жидкостной технологии на газожидкостную // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – 2000. – № 1. – С. 36-37.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.О. Кожевниковим 31.08.09

УДК 622.625.28

А.В. Денищенко, Ю.Н. Биличенко

О СКОЛЬЖЕНИИ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВА

На підставі аналізу експериментальних даних рейсової роботи шахтних локомотивів, одержаних проф. О.О. Ренгевичем, проведено оцінку втрат енергії на буксування та запропоновано шляхи їх зниження.

На основе анализа экспериментальных данных рейсовой работы шахтных локомотивов, полученных проф. А.А. Ренгевичем, проведена оценка потерь энергии на буксование и предложены пути их снижения.

On the basis of analysis of experimental data of trip work of mine locomotives, got prof. A.A. Rengevich, the estimation of losses of energy is conducted on skidding and the ways of their decline are offered.

Известно, что реализация силы тяги ведущими колесами (осями) локомотива происходит благодаря силе трения. Теоретически считается, что предельное значение этой силы трения (силы сцепления ведущих колес с рельсами) достигается в момент срыва сцепления, т.е. в момент перехода от полной силы трения покоя к силе трения скольжения.

При расчетах предельной массы проезда по условиям сцепления расчетные значения суммарной силы всех трех видов сопротивления движению W_c (от трения, составляющей силы тяжести, изменения скорости поезда) и предельная сила тяги локомотива по сцеплению $F_{сц}^{макс}$ связаны выражением

$$W_c \leq F_{сц}^{макс}, \quad (1)$$

где $F_{сц}^{макс} = m_n g \Psi$; m_n – сцепная масса локомотива; Ψ – коэффициент пропорциональности, именуемый коэффициентом сцепления (трения), который определяется экспериментально для момента начала срыва сцепления одной из ведущих осей локомотива; g – ускорение силы тяжести.

Из (1) видно, что при движении поезда массой m_n , когда сила сопротивления его движению W_c будет меньше, $F_{сц}^{макс}$ срыва сцепления не произойдет, и приводные колеса будут реализовать силу тяги с «коэффициентом сцепления» в зоне «упругого» скольжения (здесь все-таки скольжение предусматривается), т.е. будет реализовываться неполное трение покоя, где понятия «коэффициент трения» (коэффициент сцепления) не существует. При этом путь, пройденный ободом приводного колеса, будет почти равен расстоянию, пройденному поездом. Однако такое представление о реализации силы тяги локомотива не совпадает с экспериментальными данными.

Проф. А.А. Ренгевич с помощью созданной им оригинальной аппаратуры, установленной в специальном динамометрическом вагоне, провел многопараметрические исследования режимов работы локомотивной откатки на шахтах Донбасса и Кривбасса [1]. Кроме определения закономерностей изменения коэффициента сцепления (здесь он понимается один – от неполной силы трения скольжения и далее – при всех режимах скольжения) и формулирования рекомендаций для практических расчетов, было установлено, что при любом, даже самом незначительном по величине тяговом режиме локомотива его колеса

проходят больший путь, чем поезд. Причем соотношение пройденной длины S_k колесами локомотива и поезда S в разных условиях разное, и на практике измеряется даже десятками единиц. Таким образом, было показано, что движения в тяговом режиме без проскальзывания колес не бывает.

На рис. 1 представлен образец осциллограммы, из которой видно, что одна ось проходит больший путь, чем вторая. За время записи осциллограммы колеса одной оси прошли путь в 11,3 раза, а второй – в 13 раз больше расстояния, пройденного поездом (табл. 1).

Можно утверждать, что в шахтном локомотивном транспорте мы имеем дело с реализацией силы тяги в режиме постоянного скольжения (буксования) колес по рельсам, а, следовательно, с постоянными дополнительными затратами энергии, износом бандажей и рельсового пути. Исследования, проведенные А.А. Ренгевичем по определению структуры затрат энергии [2], показывают, что затраты на буксование могут достигать значений, превышающих 50% от всех затрат энергии при транспортировании. В связи с этим определение на практике потерь энергии на буксование, анализ причин и разработка мер по их уменьшению является актуальной задачей.

Цель статьи – анализ путей повышения эффективности работы шахтного локомотивного транспорта через снижение расхода энергии на буксование. Обозначим через l_{01} и l_{02} путь, проходимый соответственно первой и второй осями локомотива массой m_n на расстоянии перемещения состава l_n . Разности $l_{01} - l_n = l_{ск01}$ и $l_{02} - l_n = l_{ск02}$ составляют соответственно пути скольжения осей за время t , равное времени движения поезда, а средние скорости скольжения осей соответственно равны

$$V_{ск01} = \frac{l_{ск01}}{t} \text{ и } V_{ск02} = \frac{l_{ск02}}{t}.$$

Работа $A_{ск}$, затрачиваемая на скольжение (буксование) колес на пути поезда l_n , равна

$$A_{ск} = m_n g f l_{ск},$$

где $l_{ск} = \frac{l_{ск1} + l_{ск2}}{2}$; f – коэффициент трения колес о рельсы при буксовании; а потребляемая при этом мощность $N_{ск} = \frac{A_{ск}}{t_{ск}}$, где $t_{ск}$ – время скольжения, которое при постоянном буксовании равно времени движения t .

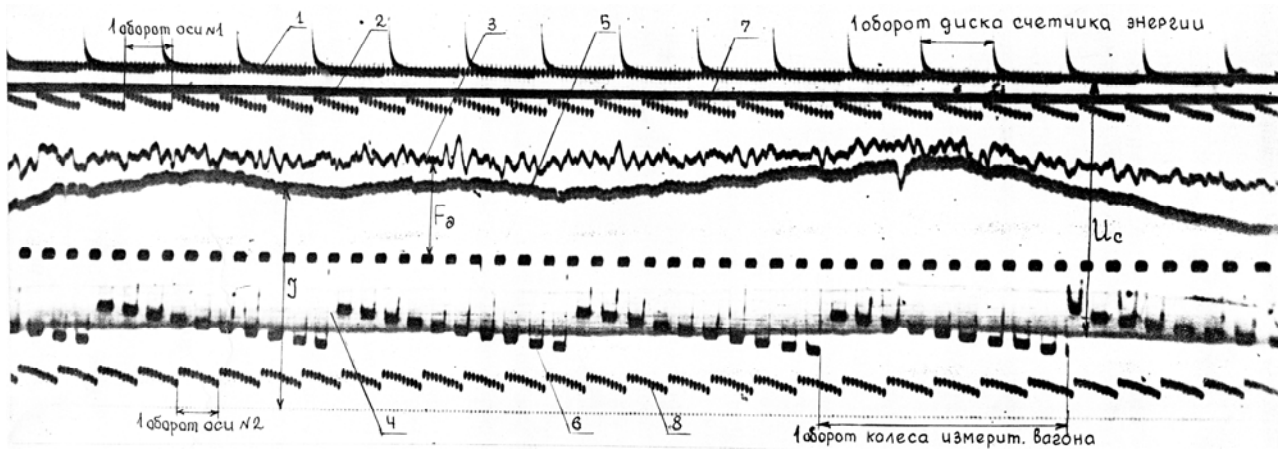


Рис. 1. Образец осциллограммы: 1 – расход энергии, потребляемой электровозом из сети; 2 – позиции рукоятки контроллера; 3 – усилие на крюке, зарегистрированное динамометром (F_{θ}); 4 – напряжение контактной сети (U_c); 5 – ток электровоза (I); 6 – отметки оборотов колеса измерительного вагона (диаметр колеса 300 мм); 7, 8 – отметки оборотов первой и второй электровозных осей (диаметр колеса 680 мм)

Результаты обработки осциллограммы по рис. 1 по скольжению ведущих колес (осей)

№ п/п	Наименование осей	Диаметр колес, мм	Число оборотов	Пройденный путь, S, м	Отношение $\frac{S_1}{S_3}$ и $\frac{S_2}{S_3}$
1	Ось 1 локом.	680	26,5	$S_1 = 56,577$	11,30
2	Ось 2 локом.	680	30,5	$S_2 = 65,124$	12,97
3	Ось измер. вагонетки	300	5,3	$S_3 = 5,021$	

Работа A_{cn} на преодоление сопротивления движению поезда с установившейся скоростью без буксования равна

$$A_{cn} = F_{cn} \cdot l_n = m_n g(w \pm i) \cdot l_n,$$

где m_n – масса поезда; w – общий коэффициент сопротивления движению поезда; i – уклон пути.

Общая работа на перемещение состава, движущегося с постоянной скоростью

$$A_{общ} = A_{cn} + A_{ск},$$

или
$$A_{общ} = m_n g(w \pm i) l_n + m_l \cdot g \cdot f \cdot l_{ск},$$

где $m_n = m_l + m_c$ – масса поезда; m_c – масса прицепной части поезда, m_l – сцепная масса локомотива. Соотношение работ на преодоление буксования $A_{ск}$ и всех остальных сопротивлений A_{cn} при установившейся скорости поезда:

$$K_{\theta} = \frac{A_{ск}}{A_{cn}} = \frac{m_l f l_{ск}}{(m_l + m_c)(w \pm i) l_n}, \quad (2)$$

где K_{θ} – энергетический коэффициент буксования, который может принимать положительные (движе-

ния по горизонтали и вверх) и отрицательные (движения вниз по спуску при $i > w$) значения.

Как видно из (2), энергетический коэффициент буксования состоит из:

– известных для расчета, принимаемых по нормативам величин (обозначим их через B)

$$B = \frac{m_l f}{b m_n (w \pm i)} = \frac{f}{b(w \pm i)}, \quad (3)$$

где b – весовая норма поезда (число, показывающее во сколько раз вес поезда больше веса локомотива; обычные нормативы $b = (6-9)$;

– величин $l_{ск}$ и l_n (обозначим их отношение через D), характеризующих буксование и определяемых экспериментально

$$D = \frac{l_{ск}}{l_n}. \quad (4)$$

Тогда энергетический коэффициент можно записать в виде

$$K_{\theta} = B \cdot D.$$

Разработка и осуществление мер экономии энергии возможны с помощью проведенных на практике

замеров буксования. Выражение (4) может быть использовано при таких замерах, т.е. при предварительном определении экспериментальным путем в конкретных условиях $l_{ск}$ и l_n .

Определение K_{δ} можно осуществить на одном из двух уровней:

– для заданных параметров поезда и условий измеряется $l_{ск}$ и l_n специально созданными приборами, а значение B вычисляется по расчетным нормативам;

– для заданных условий и параметров поезда измеряются не только $l_{ск}$ и l_n , но и f, b, w, i .

Очевидно, что второй уровень более реально учитывает влияние всех величин, определяющих K_{δ} . Соответственно, для первого или второго уровней можно создать специальные несложные приборы, а результаты измерений дадут возможность осуществлять постоянный анализ буксования.

Одним из известных способов уменьшения пути буксования $l_{ск}$, при прочих равных условиях, является увеличение силы прижатия ведущих осей локомотива к рельсам. Измерение $l_{ск}$ при разных силах прижатия его к рельсам даст возможность проанализировать этот важный способ уменьшения буксования и использовать результаты при решении задач энергосбережения.

Постоянное измерение буксования и использование его результатов при определении массы поезда в конкретных условиях позволит обосновано решать задачи экономии энергии на транспорте и уменьшения истирания колес при буксовании.

Для иллюстрации сказанного рассмотрим пример определения K_{δ} с помощью результатов измерения буксования для случая движения состава на подъеме с постоянной скоростью. Пусть дано: $w = 0,01$; $i = 0,005$; $b = 10$; $f = 0,15$.

Измерениями получено

$$D = \frac{l_{ск}}{l_n} = 1,$$

что вполне реально на основании упомянутых выше результатов исследования. Тогда

$$K_{\delta} = \frac{l_{ск} f}{l_n b (w + i)} = 1 \cdot \frac{0,15}{10(0,01 + 0,005)} = 1,$$

т.е. в данном случае энергия на буксование равна по величине энергии на транспортирование.

Целесообразными являются дальнейшие исследования в направлении создания приборов для замеров буксования и внедрения их в горную промышленность. Контроль буксования колес локомотива (излишнего вредного расхода энергии) должен осуществляться на каждом маршруте постоянно или периодически. Целесообразным также является выполнение исследований и проектно-конструкторских работ по всем способам снижения буксования.

Пути снижения расхода энергии на буксование:

- поиски способов увеличения силы прижатия локомотива к рельсам;
- уменьшение массы поезда при прочих равных условиях до экономически обоснованного уровня;
- применение покрытия бандажей колес локомотива фрикционными материалами;
- осуществление плавного регулирования скорости вращения осей локомотива при предельных, предбуксовочных нагрузках;
- применение железных реечных дорог;
- разработка и применение клиновидных рельсов и локомотивных бандажей с целью получения повышенного сцепления колес с рельсами.

Список литературы

1. Ренгевич А.А. Коэффициент сцепления шахтных электровозов // Вопросы рудничного транспорта. – 1961. – Вып. 5. – С. 232-247.
2. Ренгевич А.А. Энергетический баланс рудничных электровозов // Вопросы рудничного транспорта. – 1961. – Вып. 5. – С. 247-257.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Самусю 15.07.09

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ БЕНТОНІТОВИХ КОМПОЗИЦІЙ НА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЯХ

Запропоновано математичну модель для визначення часу стійкості бентонітових композицій для пилоподавлення на шламосховищах.

Предложена математическая модель для определения времени устойчивости бентонитовых композиций для пылеподавления на шламоохранилищах.

It offers the mathematical model of bentonite compositions steadiness time determination for dust reduction on the slime pits.

Результатами досліджень вчених є ціла низка більш або менш ефективних способів та засобів знепилювання діючих шламосховищ, що відрізняються різним підходом, технічними рішеннями та використаними для цього засобами.

Одним із важливих показників якості закріплення є здатність поверхні реагувати на вплив вітру. А також механічна міцність, водорозійна стійкість, морозо- та температуростійкість і не менш важлива його стійкість до старіння.

Одним із методів захисту атмосфери від виділення пилу з відкритих площ шламосховищ пропонуються бентонітові композиції на основі глини з додаванням речовин для міцності захисних покриттів [1].

Математичне моделювання стійкості бентонітових композицій може проводитись як для статичних, так і динамічних умов. Встановлення умов стійкості у випадку знаходження бентонітової композиції в статичному стані, тобто до моменту нанесення на поверхню шламосховища і знаходження композиції в місткості вже розглядалося [2].

Але основне в застосуванні бентонітових композицій пов'язано з необхідністю транспортування їх по каналах подачі до місця використання. Особливістю руху бентонітових композицій в цих умовах є існування різних режимів витікання [3].

Для простоти аналізу рух частинок в умовах ламінарного руху доцільно розглянути випадок постійності швидкості у поперечному перерізі каналу подачі бентонітової композиції. Диференційне рівняння, що описує вертикальну складову швидкості частинки має вид:

$$m \frac{dv}{dt} = m(1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \right) \cdot g - F,$$

де m – маса частинки, кг; $\rho_{ж}$ – густина рідини, кг/м³; ρ_T – густина твердого, кг/м³; C_0 – початкова концентрація частинок в суспензії, кг/м³; g – прискорення вільного падіння, м/с²; F – сила опору, що діє на частинку, Н.

Розв'язання цього рівняння зображується формулою, що може бути записана у вигляді:

$$v = \frac{dH}{dt} = -\frac{mg}{k \cdot \mu} (1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \right) \left(1 - \ell \frac{k \cdot \mu \cdot t}{m} \right), \quad (1)$$

де H – висота частинки відносно дна місткості, м.

Враховуючи, що в початковий момент часу частинка знаходиться на висоті H_0 , шляхом інтегрування (1), знаходимо:

$$H = H_0 - \frac{mg}{k \cdot \mu} (1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \right) \left(t - \frac{m}{k \cdot \mu} \left(1 - \ell \frac{k \cdot \mu \cdot t}{m} \right) \right).$$

Час падіння частинки, тобто досягнення нею дна каналу, одержуємо шляхом прирівняння висоти H до нуля:

$$\frac{mg}{k \cdot \mu} (1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \right) \left(t - \frac{m}{k \cdot \mu} \left(1 - \ell \frac{k \cdot \mu \cdot t}{m} \right) \right) = H_0. \quad (2)$$

Рівняння (2) є неявним відносно t і в цьому випадку доцільне чисельне рішення. Проте, враховуючи, що час падіння частинки досить великий, то, нехтуючи малими величинами, знаходимо аналітичний розв'язок у вигляді

$$t_0 = \frac{H_0 \cdot k \cdot \mu}{mg(1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \right)} + \frac{m}{k \cdot \mu}. \quad (3)$$

Приймаючи до уваги, що частинка на вході в канал має швидкість v_0 , відстань, яку вона пролетить по горизонталі за час, що визначається формулою (3), складає:

$$\ell_0 = \left(\frac{H_0 \cdot k \cdot \mu}{mg(1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T} \right)} + \frac{m}{k \cdot \mu} \right) \cdot v_0. \quad (4)$$

Починаючи з моменту часу, що визначається формулою (2) або (3), на дні каналу починає утворюватися осад, висота якого може бути розрахована наступним чином:

$$h = \begin{cases} 0, & 0 < t < t_0 \\ \frac{mg}{k \cdot \mu} \cdot \frac{1 - C_0}{C_1 - C_0} \left(t - \frac{m}{k \cdot \mu} \left(1 - \ell \frac{k \cdot \mu \cdot t}{m} \right) \right), & t \geq t_0 \end{cases}. \quad (5)$$

Якщо тривалість досить велика, то, нехтуючи малими величинами, можна спростити формулу (5):

$$h = \begin{cases} 0, t < t_0 \\ \frac{mg}{k \cdot \mu} \cdot \frac{1 - C_0}{C_1 - C_0} \cdot \left(t - \frac{m}{k \cdot \mu} \right), t \geq t_0 \end{cases} \quad (6)$$

Якщо у формулі (3) прийняти, що H_0 є максимальна висота горизонтального каналу, то вона визначить найбільшу дальність утвореного осаду на дні каналу.

Збільшення швидкості протікання бентонітової композиції призводить до того, що рух стає турбулентним. Перехід на турбулентний режим спостерігається при критичному значенні числа Рейнольдса $Re_{кр}$. Особливістю дослідження турбулентного протікання бентонітової композиції є те, що, її в'язкість залежить від числа Рейнольдса.

Так, турбулентна динамічна в'язкість композиції визначається за формулою [4]:

$$\mu_T = \mu \cdot \frac{Re}{Re_{кр}}, \quad (7)$$

де μ – динамічна в'язкість композиції при ламінарному протіканні, Н/с·м²; $Re, Re_{кр}$ – поточне та критичне числа Рейнольдса.

Приймаючи до уваги, що число Рейнольдса в турбулентному потоці змінюється лише за рахунок швидкості, формулу (7) можна записати у вигляді:

$$\mu_T = \mu \cdot \frac{U_0}{U_{кр}}, \quad (8)$$

де $U_0, U_{кр}$ – середні поточна і критична швидкості потоку композиції, м/с.

Час падіння частинки в турбулентному потоці можна розрахувати за формулою (3), але з поправкою на величину динамічної в'язкості згідно з (8):

$$t_0^T = \frac{H_0 \cdot k \cdot \mu_T}{mg(1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_T} \right)} + \frac{m}{k \cdot \mu_T}$$

$$\text{або } t_0^T = \frac{H_0 \cdot k \cdot \mu}{mg(1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_T} \right)} \cdot \frac{U_0}{U_{кр}} + \frac{m}{k \cdot \mu} \cdot \frac{U_{кр}}{U_0}$$

Дальність зміщення частинки по горизонталі знаходиться згідно з (4) за формулою:

$$\ell_0^T = \frac{H_0 \cdot k \cdot \mu}{mg(1 - C_0) \left(1 - \frac{\rho_{жс}}{\rho_T} \right)} \cdot \frac{U_0^2}{U_{кр}} + \frac{m}{k \cdot \mu} \cdot U_{кр}$$

Висота утворюваного при турбулентному протіканні осаду на дні каналу знаходиться за формулою (5) або (6), але з відповідною поправкою на величину динамічної в'язкості згідно з (8).

Отже, формула (6) набуває вигляду

$$h_T = \begin{cases} 0, t < t_0^T \\ \frac{mg}{k \cdot \mu} \cdot \frac{U_{кр}}{U_0} \cdot \frac{1 - C_0}{C_1 - C_0} \cdot \left(t - \frac{m}{k \cdot \mu} \cdot \frac{U_{кр}}{U_0} \right), t \geq t_0^T \end{cases}$$

Практичне значення даної моделі полягає у можливості визначення параметрів стійкості без

попередніх експериментів. При дослідженні динамічного режиму стійкості бентонітової композиції вважалося, що частинки рухаються по горизонтальному каналу зі швидкістю

$$v_0 = \frac{Q}{S}, \quad (9)$$

де Q – об'ємні витрати бентонітової композиції, м³/с, S – площа поперечного перерізу потоку бентонітової композиції, м².

Враховуючи, що вертикальна складова швидкості частинки бентонітової композиції досить маленька величина, можна скористатися законом Стокса для сили опору. В результаті формула (4) з урахуванням (9) матиме вигляд

$$l_0 = \left(\frac{9 \cdot H_0 \cdot \mu}{2 \cdot r^2 \cdot g (1 - c_0) (\rho_T - \rho_{жс})} + \frac{2 \cdot r^2 \cdot \rho_T}{9 \cdot \mu} \right) \cdot \frac{Q}{S}$$

В таблиці наведено результати розрахунків за даною формулою для бентонітових композицій при різному їх процентному вмісті в технічній воді.

Таблиця

Результати розрахунку параметрів транспортування бентонітової композиції для знепилювання шламосховищ

Процентний вміст твердого в композиції, %	Відстань переміщення осаду по горизонталі, м
5	3,98
10	3,08

Аналіз результатів розрахунків для типових значень параметрів композиції і необхідної продуктивності її нанесення показує, що початок відкладання осаду на дні каналу, яким подається бентонітова композиція, починається після трьох метрів його довжини. Отже, при довжині каналу менше трьох метрів осад на дні каналу не буде з'являтися.

Таким чином, побудована математична модель процесу розшарування бентонітової композиції дасть можливість врахування часу випадання осаду та його висоти при розробці ефективних способів нанесення композиції на поверхню сухих площ шламосховища.

Список літератури

1. Лапшин О.С., Бондарчук О.М. Оцінка ефективності та перспективи розвитку способів знепилення на шламосховищах // Відомості АГН України. – 1997. – № 3. – С. 97-98.
2. Бондарчук О.М. Математичне моделювання стійкості бентонітових суспензій. // Вісник Криворізького технічного університету. – 2003. – Вип. 2. – С. 108-111.
3. Движение сжимаемой жидкости и неоднородных сред / Под ред. Н.Н. Полякова. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та. – 1982. – 260 с.
4. Измерение массы, плотности и вязкости / Под ред. Ю.В. Тарбеева. – М.: Изд-во стандартов. – 1988. – 175 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.В. Бересневичем 03.09.09

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВТОРИННОГО ГАЛОГЕНЕЗУ ГРУНТІВ У РАЙОНАХ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ВОДОЙМ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Наведено результати дослідження засолених ґрунтів у районі ставка-накопичувача шахтних вод балки Косьмінна. Визначено тип, ступінь та хімізм засолення цих екосистем.

Представлены результаты исследования засоленных почв в районе пруда-накопителя шахтных вод в балке Косьминная. Определены тип, степень и химизм засоления данных экосистем.

The results of researching salinized soils around storage lagoon in Kosminna balka are given. Types, levels and chemism of that ecosystems salinization are determined.

Вступ. Однією з проблем сьогодення, що перешкоджає сталому розвитку України, є негативний вплив підприємств вугледобувної промисловості на довкілля через утворення пророблених територій, створення відвалів, хвостосховищ та ставків-накопичувачів з фільтраційним забрудненням міжючих з ними земель, пило- та газовиділення, порушення технологій водовідведення, а також скидання високомінералізованих і стічних вод у відкриті водойми і т.п.

Серед екологічних проблем, з якими стикаються підприємства з видобування вугілля, найбільш гострою є негативний вплив шахтних комплексів на ґрунти, що пов'язано не тільки з масштабністю цих процесів на тлі здатності цих екосистем депонувати хімічні речовини, але й із залежністю структурної цілісності та біопродуктивності всієї біосфери від інваріантності саме ґрунтів.

Особливої уваги у цьому контексті заслуговує вторинне засолення земель, площа яких в Україні постійно зростає: вже зараз вони займають понад 4,8 млн. га. Тільки у Дніпропетровській області ця територія, що майже втратила свою цінність як природний ресурс, становить приблизно 250 тис. га [1]. Причому цей процес продовжує зростати за рахунок інтенсифікації його техногенної складової. Суттєвий вклад у ці негативні явища вносять підприємства вугледобувної промисловості. І хоча сам факт галогенезу ґрунтів досить відомий, проте особливості його антропогенного формування та розвитку до цього часу ще вивчені недостатньо. Більш того, не проаналізовані його екологічні й економічні наслідки та не визначені адекватні методи їх мінімізації. Саме це стало метою дослідження специфіки вторинного засолення ґрунтів у вугледобувних районах Дніпропетровської області на прикладі Західного Донбасу з аналізом відповідних параметрів цих процесів.

Результати досліджень. Для визначення типу, ступеня та хімізму засолення земель в районах локалізації вугледобувних підприємств, а також прогнозу наслідків цих негативних процесів були вибрані ґрунти степової зони України в межах Західного Донбасу Дніпропетровської області.

Як відомо, під час видобутку й збагачення вугілля у цьому регіоні тільки в приймачі-накопичувачі вже надійшло понад 30 млн. м³ високомінералізованих стоків при частковому застосуванні оборотного водопостачання й паводкового випуску в р. Самару без етапу демінералізації шахтних вод. Слід відмітити, що стічні води у конструктивно недосконалих технічних ставках з їх агресивним хімічним складом є небезпечними через втрати, що не може не позначитися на рівні та якості підземних вод та стані ґрунтів [2].

Експериментальні дослідження проводили на ґрунтах району розташування шахт «Першотравнева», «Ювілейна» і «Степова», що межують з приймачем-накопичувачем стічних вод у балці Косьмінна (рис. 1).



Рис. 1. Район розташування б. Косьмінна в межах Західного Донбасу (№ 1 та № 2 – точки відбору проб води зі ставка-накопичувача; 1, 2, 3, 4, 5 – точки відбору проб ґрунтів)

З метою виявлення специфіки та закономірностей розподілу легкорозчинних солей у ґрунтах при латеральному переміщенні промислових стоків зі ставка-накопичувача у літньо-осінній період були відібрані проби води із східної (проба № 1) та західної (проба № 2) частин ставка, а також проби ґрунтів біля його східної частини на відстані 100, 500, 1000, 1 500 та 2 000 м (проби 1, 2, 3, 4 та 5 відповідно).

Проби ґрунтів відбирали за стандартною схемою з акумулятивного горизонту їх профілю (0...20 см) з наступним усередненням [3].

Для визначення рівня та характеру засолення ґрунтів аналізували загальний вміст розчинних солей, рівень солетворних компонентів (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} ,

Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+), а також показник активної кислотності ($\text{pH}_{\text{акт}}$).

Хімічний склад води технічної водойми в б. Косьмінна, що наведений у табл. 1, визначали за тією ж схемою, що й у ґрунтах, з наступними розрахунками ступеня мінералізації та її типу.

Таблиця 1

Хімічний склад води технічної водойми б. Косьмінної

№ проби	Одиниці виміру	Компоненти						Мінералізація	Тип води
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+		
1	мг-екв/дм ³	4,4	30,0	13,4	8,6	8,7	30,5	2 824,8	хлоридно-сульфатно-натрієвий
	мг/дм ³	268,4	1 065,0	645,3	172,3	105,0	702,2		
	%-екв	9,3	62,7	28,0	18,0	18,2	63,8		
2	мг-екв/дм ³	3,5	25,0	12,4	7,6	10,0	23,5	2 554,5	хлоридно-сульфатно-натрієвий
	мг/дм ³	212,3	887,5	595,2	152,0	120,0	588,0		
	%-екв	8,5	61,2	30,3	18,5	24,3	57,2		

Відповідно до встановленого складу води у даному технічному накопичувачі його гідрохімічний тип можна охарактеризувати як хлоридно-сульфатно-натрієвий. Отримані дані дозволили зробити висновок, відповідно до якого сольовий склад, а також співвідношення окремих компонентів в проаналізованих зразках стоків із цього ставка практично тотожні типу шахтних вод [4]. Слід також відмітити наявність в них значної кількості аніонів хлору й катіонів натрію, які у 3...5 разів перевищують концентрацію інших контрольованих іонів і складають 62...63% від рівня загальної мінералізації стічних вод.

Найбільш наочне уявлення про гідрохімічну характеристику води у досліджуваному водоймищі дає формула Курлова [5], яку розраховували на базі отриманих результатів хімічного аналізу відібраних зразків (проби № 1 і 2 відповідно):

$$M_{2.8} \frac{\text{Cl}^- 62,7 \text{ SO}_4^{2-} 28,0 \text{ HCO}_3^- 9,3}{\text{Na}^+ 63,8 \text{ Mg}^{2+} 18,2 \text{ Ca}^{2+} 18,0}; \quad (1)$$

$$M_{2.6} \frac{\text{Cl}^- 61,2 \text{ SO}_4^{2-} \text{ HCO}_3^-}{\text{Na}^+ 57,2 \text{ Mg}^{2+} 24,3 \text{ Ca}^{2+} 18,5}. \quad (2)$$

З наведених формул (1) та (2) ясно, що кількість гідрокарбонату кальцію у стоках балки Косьмінна не перевищує 9% від показника їх загальної мінералізації. Приблизно стільки ж і сульфату кальцію, доля якого у цьому показникові складає близько 10%. Частка хлористого магнію, що відрізняється високою міграційною здатністю за рахунок хлорид-іонів, трохи більша за 20%, а кількість сульфату натрію варіює в межах 20...25%. Це означає, що найбільший вклад у мінералізацію ставка-накопичувача привносить хлорид натрію, концентрація якого сягає 37...42% від суми солетворних компонентів (рис. 2).

Велика кількість міграційно активних хлорид-іонів у водах ставка дозволяє зробити припущення про можливість їх участі у розвитку вторинного галогенезу ґрунтів з формуванням певного типу і ступеня засолення ландшафтів, які з ними межують. Основні результати хімічного аналізу водорозчинних солей у зразках ґрунтів району дослідження наведено у табл. 2.

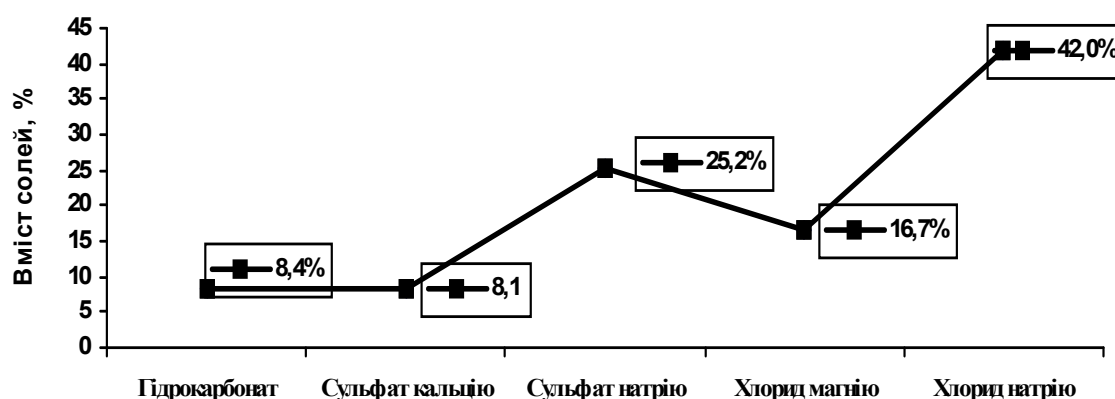


Рис. 2. Процентний вміст солей відносно загальної мінералізації у пробі № 1 зі ставка-накопичувача шахтних вод в б. Косьмінна

Хімічний склад водорозчинних солей у ґрунтах, що межують зі ставком у б. Косьмінна

№ проби	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сума солей
1	7,77	0	$\frac{0,52^*}{0,032}$	$\frac{1,30}{0,046}$	$\frac{0,60}{0,029}$	$\frac{1,00}{0,020}$	$\frac{0,20}{0,002}$	$\frac{1,22}{0,031}$	0,1614
2	7,68	0	$\frac{0,52}{0,032}$	$\frac{1,04}{0,037}$	$\frac{1,00}{0,048}$	$\frac{1,20}{0,024}$	$\frac{0,60}{0,007}$	$\frac{0,76}{0,019}$	0,1672
3	7,77	0	$\frac{0,48}{0,029}$	$\frac{1,04}{0,037}$	$\frac{1,00}{0,048}$	$\frac{1,30}{0,026}$	$\frac{0,30}{0,004}$	$\frac{0,92}{0,024}$	0,1666
4	7,86	0	$\frac{0,72}{0,044}$	$\frac{1,04}{0,037}$	$\frac{1,00}{0,048}$	$\frac{1,20}{0,024}$	$\frac{0,60}{0,007}$	$\frac{0,96}{0,024}$	0,1842
5	7,76	0	$\frac{0,60}{0,037}$	$\frac{1,04}{0,037}$	$\frac{0,80}{0,038}$	$\frac{1,40}{0,028}$	$\frac{0,20}{0,002}$	$\frac{0,84}{0,021}$	0,1634

* мг-екв на 100 г
%

Параметри розподілу легкорозчинних солей у поверхневому шарі ґрунтів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Хімізм і тип засолення поверхнього шару ґрунтів на прилеглий до б. Косьмінна території

№ проби	Вміст солей	Тип засолення	Співвідношення аніонів, мг-екв			Співвідношення катіонів, мг-екв			Хімізм засолення
			$\frac{Cl^-}{SO_4}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^-}$	$\frac{HCO_3^-}{SO_4}$	$\frac{Na^+}{Mg^{2+}}$	$\frac{Na^+}{Ca^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$	
1	0,1614	хлоридний	2,17	0,96	0,87	6,10	1,22	0,20	хлоридно-кальцієво-натрієвий
2	0,1672	хлоридно-сульфатний	1,04	0,40	0,52	1,27	0,63	0,50	хлоридно-сульфатно-кальцієво-натрієвий
3	0,1666		1,04	0,46	0,48	3,06	1,02	0,20	
4	0,1842		1,04	0,69	0,72	1,60	0,80	0,50	
5	0,1634		1,30	1,15	0,75	4,60	0,60	0,14	

Результати, які наведені у табл. 3, свідчать про те, що для ґрунтів на відстані у 100 м від накопичувача тип засолення акумулятивного горизонту є хлоридним. Для інших зразків – хлоридно-сульфатним. У катіонному складі тип галогенезу поданий двома різновидами: кальцієво-натрієвим та натрієво-кальцієвим. Активна кислотність ґрунтів майже у всіх варіантах досліджень перейшла межу слабо-засолених. Найменша концентрація сульфатів спостерігається при мінімальній відстані від відстійника стоків. Проте саме на цій відстані (у 100 м) вміст хлоридів у досліджуваних зразках вищий за інші проби. Подальша аналітична обробка експериментальних даних дозволила також встановити, що практично у всіх без виключення зразках ґрунтів вміст хлоридів більше ніж у 20 разів перевищує його

фонові рівні. А це означає, що навколо накопичувача стоків у б. Косьмінна утворився ореол стійкого засолення хлоридного та хлоридно-сульфатного типу, радіус якого перевищує 2 000 м. Крім того, було доведено, що ступінь засолення акумулятивного шару ґрунтів навколо техногенного ставка має нерівномірний характер – проба № 1 (на відстані 100 м) виявилась середньозасоленою за трьома показниками – величиною солевмісту, а також рівнем хлор- і сульфат-іонів. Інші проби за сумарною концентрацією солей і сульфат-іонів можна віднести до незасолених, а за вмістом хлор-іонів – до середньозасолених.

Результати дослідження ґрунтів на вміст і склад солей графічно наведені на рис. 3.

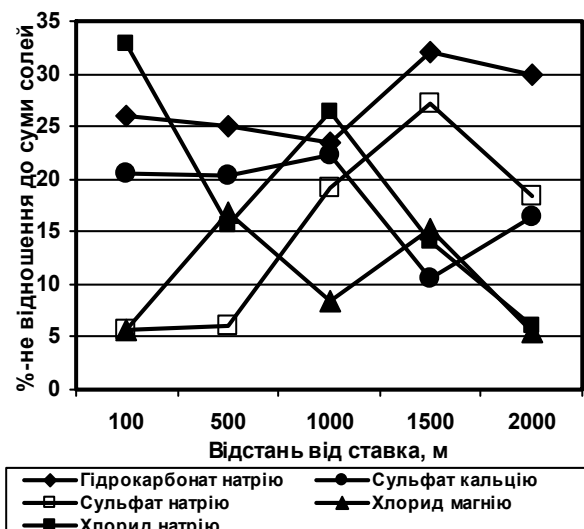


Рис. 3. Вміст і склад солей у ґрунтах на території біля пруда-накопичувача стоків у б. Косьмінній

Висновки

Проведені дослідження дозволили встановити, що основними складовими, які формують засолення ґрунтів у районі Західного Донбасу, які розташовані біля ставка-накопичувача у б. Косьмінній, є екологічно нейтральні гідрокарбонат і сульфат натрію, а також токсичні хлориди натрію і магнію та сульфат натрію.

Частка токсичних солей у загальному засоленні ґрунтів складає 53,8...66,9%.

Їх максимальне значення зафіксовано на відстані у 100 м від ставка-накопичувача у балці Косьмінній, навкруги якого сформувався ореол стійкого засолення хлоридного та хлоридно-сульфатного типу, наявність чого підтверджується однотипністю якісного складу солей у пробах стоків та межуючих з ним ґрунтів.

Вивчення складу солей та типу засолення у пробах ґрунтів, що відбирали у районі розташування накопичувача шахтних вод, та порівняння їх з аналогічними показниками стоків зі ставка-накопичувача доводить факт розвитку процесів вторинного (техногенного) галогенезу акумулятивного горизонту цих земель.

Список літератури

1. Экологический паспорт Днепропетровской области [Электронный ресурс] / Под ред. О.Ф. Оксамитного. – Д.: Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області, 2007. – 112 с. Режим доступа к документу: <http://www.menr.gov.ua/cgi-bin/go?node=Ekol%20pass>.
2. Разработка мероприятий по решению эколого-гидрогеологических проблем, возникающих вследствие закрытия шахт ЦРД и Западного Донбасса: Обзорный план района. Западный район Донбасса / Днепрогипрошахт. – 5139-1-080200-ОНС. – Инв. № А-13145. – Д., 2002. – 3 с.
3. Воробьева Л.А. Система показателей химического состояния засоленных почв // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. – 1984. – № 2. – С. 3-11.
4. Кроик А.А. Оценка антропогенной нагрузки на подземные воды Западного Донбасса в зоне влияния прудов-накопителей шахтных вод / А.А. Кроик, Н.В. Белоус, Н.Е. Шрамко // Сб. научн. тр. ДДУ «Гидрохимические исследования поверхностных и подземных вод». – 1995. – С. 3-17.
5. Фролов А.Ф. Инженерная геология / А.Ф. Фролов, И.В. Коротких. – М.: Недра, 1983. – 325 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. А.І. Горвоюю 03.09.09

ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ У ВИМІРІ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Систематизовано фактори макро- та мікросередовищ гірничо-збагачувальних підприємств, що впливають на їх конкурентоспроможність. Проаналізовано особливості процесу глобалізації в аспекті забезпечення економічної безпеки гірничо-збагачувальних підприємств України.

Систематизированы факторы макро- и микросред горно-обогатительных предприятий, которые влияют на их конкурентоспособность. Проанализированы особенности процесса глобализации в аспекте обеспечения экономической безопасности горно-обогатительных предприятий Украины.

The factors of macro- and microenvironments of ore mining and processing enterprises that influence on their competitiveness are systematized. The features of globalization process in the aspect of providing of economic security of ore mining and processing enterprises of Ukraine are analyzed.

На сьогоднішній день досягнення економічної безпеки державою неможливе без забезпечення конкурентоспроможності її економіки у зв'язку зі зростанням ролі зовнішніх факторів у процесі відтворення усіх країн світу та формування єдиного світового ринку без національних кордонів внаслідок процесів глобалізації. Підвищення конкурентоспроможності національної економіки забезпечується досягненням економічної безпеки її підприємствами.

Важливу роль в національній економіці України відіграють гірничо-збагачувальні підприємства, які у складі гірничо-металургійного комплексу України разом з металургійними підприємствами протягом останнього десятиліття виробляють близько 27% ВВП країни, приносять понад 40% валютних надходжень від експорту та працевлаштовують майже 560 тисяч чоловік, забезпечуючи соціально-економічну безпеку держави.

Функціонування підприємств обумовлено зв'язками та відносинами в середовищі, яке на сьогодні характеризується високим рівнем невизначеності, ступінь узгодженості з котрим значною мірою впливає на стан їх економічної безпеки. У цілому економічну безпеку підприємства можна охарактеризувати як його здатність чинити опір сукупному впливу загроз макро- та мікросередовища через використання корпоративних ресурсів на підставі прийняття управлінських рішень, адекватних умовам, що склалися [1].

Глобалізація характеризується поступовим злиттям національних економік в єдину загальносвітову систему, що базується перш за все на технологічному розвитку, лібералізації руху товарів, капіталів, трудових ресурсів тощо. Глобалізація створює нові можливості для розвитку вітчизняних гірничо-збагачувальних підприємств, проте може привносити нові загрози їх економічній безпеці. Ці питання є особливо актуальними з урахування вступу України до Світової організації торгівлі.

Метою статті є дослідження факторів впливу процесів глобалізації на рівень економічної безпеки гір-

ничо-збагачувальних підприємств. При цьому рівень безпеки пропонується визначати за показником прибутку підприємства, що віддзеркалює ефективність його господарювання за усіма напрямками його діяльності, зіставляючи раціональний рівень чистого прибутку з його фактичним рівнем, що відображає здатність підприємства адаптуватися до умов мікро- та макросередовищ, які склалися [1].

Виникнення та розвиток процесу глобалізації обумовлений кількома взаємопов'язаними та взаємодоповнюючими чинниками [2]:

- переходом командних висот в економічному житті від найрозвинутіших країн до нових суб'єктів господарської діяльності – транснаціональних корпорацій;
- інтернаціоналізацією фінансів;
- поглибленням міжнародного поділу праці;
- появою нових технологічних систем;
- наданням міжнародному споживчому ринку більш однорідної структури.

Прояв чинників глобалізації та їх вплив на економічну безпеку окремих підприємств обумовлюється специфікою середовища їх функціонування. До основних відмінних факторів макро- та мікросередовищ саме гірничо-збагачувальних підприємств можна віднести наступні.

1. *Пряма залежність економічної безпеки від обсягів реалізації продукції.* Ефективність господарської діяльності підприємства визначається результативністю усіх видів його діяльності. Для гірничо-збагачувальних підприємств вона значною мірою залежить від ефективності процесів виробництва та реалізації товарної продукції (коефіцієнт детермінації R^2 коливається від 0,82 до 0,89), що є основним видом діяльності цих підприємств та складає найбільшу частину прибутку в загальному його обсязі. Тому результативність господарської діяльності гірничо-збагачувального підприємства характеризується прибутком, який тісно залежить від того, наскільки ефективно відбувався процес відвантаження продукції.

2. *Вторинний характер попиту на продукцію.* Такий характер попиту виникає внаслідок існування технологічних ланцюгів, в яких гірничо-збагачувальні підприємства є первинними ланками.

3. *Невеликий внутрішній попит на продукцію та експортна орієнтованість,* які обумовлені недостатньою ємністю внутрішнього ринку споживання.

4. *Дисбаланс між пропозицією продукції та попитом на неї.* До середини 2008 р. спостерігався дефіцит залізородної сировини, що пояснюється високими темпами зростання металургійної галузі (в 2007 р. глобальний ринок зріс на 7,5% – з 1482,6 до 1593,8 млн. т).

5. *Низька конкурентоспроможність продукції,* яка пояснюється низкою факторів, основними з котрих є:

- низька якість мінеральної сировини: в Україні розташовані одні з найбільших в світі (18%) покладів залізної руди, але вміст заліза в ній є суттєво нижчим, ніж у потенційних конкурентів в інших країнах та регіонах (лише 35%, а в австралійській та бразильській руді – 60%), тому видобута з українських надр руда потребує збагачення, що підвищує її собівартість і ціну та зменшує її конкурентні переваги;

- додаткові витрати на наступну переробку сировини (збагачення);

- високий ступінь зносу основних виробничих фондів підприємств (більш ніж 60%) та невідповідність технічного рівня українського виробництва світовому; застосування в виробничому процесі застарілого обладнання, що збільшує собівартість продукції та її ціну;

- значна завантаженість основних виробничих засобів та неможливість забезпечення економічної безпеки підприємств за рахунок екстенсивного шляху розвитку, тобто за рахунок нарощення обсягів виробництва, а не підвищення якості продукції;

- недостатній рівень інноваційного розвитку підприємств;

- залежність від металовиробників та наступних споживачів металопродукції (наприклад, підприємств машинобудування), наслідком якої є певна технологічна залежність, що виражається в необхідності виробляти продукцію певної якості відповідно до потреб підприємств-споживачів, а також певне стримування процесів вільного ціноутворення;

- застосування економічних санкцій (наприклад, антидемпінгових заходів) до гірничо-збагачувальних підприємств або до інших підприємств, що є також ланками єдиного технологічного ланцюга;

- низький рівень екологічності виробництва.

6. *Значущість гірничо-збагачувальних підприємств в контексті забезпечення соціально-економічної безпеки держави,* оскільки ці підприємства часто є містоутворюючими або створюють велику частку робочих місць в регіоні.

Глобалізація світового господарства як процес підсилення взаємозв'язку економік різних країн супроводжується структурними змінами, загостренням

міжнародної конкуренції, розширенням торгових та інших форм зовнішньоекономічних зв'язків, значущістю інноваційної та інформаційної сфер, нарощенням екологічних проблем, що все більше впливають на господарські процеси, швидким вичерпанням ресурсів та масштабним пошуком джерел подальшого розвитку.

Для світового мінерально-сировинного комплексу, як відзначає професор Козловський Є. [3], глобалізація є реальністю, що об'єктивно відбулася, та характеризується такими особливостями розвитку комплексу.

1. Більшість розвинених індустриальних держав поступово витісняють зі своїх територій підприємства з видобутку і переробки мінеральної сировини, орієнтуючись на імпорт сировинних продуктів.

2. Світовий ринок майже всіх видів мінеральної сировини в даний час насичений і виробники з індустриальних країн, які здатні впливати на торговельну політику своїх держав, не зацікавлені в появі нових продавців, що пропонують сировину за низькими цінами.

3. Гіпертрофоване збільшення експорту з країн СНД паливно-енергетичних ресурсів і основних металів спричинило зниження сировинної забезпеченості їх національної промисловості й обмежило можливість її ефективного функціонування.

4. Видобуток і переробка мінеральної сировини завжди були ризикованою сферою вкладення капіталу з тривалим терміном окупності. У зв'язку з чим корпорації прагнуть мінімізувати ризик й освоювати родовища в державах з передбаченою економікою та стабільним політичним режимом. Усе більша кількість країн «третього світу» бере курс на розвиток сировинних галузей промисловості за рахунок коштів іноземних інвесторів. Ця обставина, з одного боку, надає крупним корпораціям можливість вибору об'єктів для інвестування, а з іншого – веде до поступового зниження світових цін на більшість видів сировинної продукції.

5. Експорт стратегічних видів мінеральної сировини не супроводжується ефективним використанням валютних надходжень в промисловому секторі економік країн СНД. Підсилилась залежність соціально-економічного їх стану від цін світового ринку і дискримінаційних дій відносно компаній-виробників, що діють в цих країнах.

Одним з головних принципів глобалізації є наступний: «чим менше гравців, тим більше тих, хто виграє», тому важливим її елементом є інтеграція. Економічну інтеграцію залежно від рівня управління поділяють на інтеграцію на макrorівні – просторову (регіональну, національну і міжнародну) й інтеграцію на мікрорівні – виробничу (галузеву, міжгалузеву або, власне, економічну). Також розрізняють інтеграцію підприємств горизонтального, вертикального і конгломератного типів, серед котрих інтеграція вертикального типу є найбільш поширеною в світовому мінерально-сировинному комплексі.

До основних переваг вертикальної інтеграції відносять наступні: а) зниження витрат виробництва, розподілу і збуту продукції за рахунок зменшення транспортних витрат, скорочення кількості виробничих операцій, зменшення витрат за вмістом запасів, а також за рахунок ефекту збільшення масштабів операцій; б) посилення інноваційно-виробничого потенціалу на основі використання інтегрованих технологій; можливість організації широкого інформаційного обміну між підрозділами фірми, що дозволяє координувати плани і графіки постачань сировини, матеріалів і напівфабрикатів, їх переробки і доставки кінцевої продукції споживачеві; в) можливість економії на витратах ринкових трансакцій, які особливо великі в країнах із слабо розвинутою ринковою інфраструктурою і низькою культурною договірних стосунків.

Недоліком вертикальної інтеграції вважається те, що вона веде до зростання капіталовкладень компанії в галузь, збільшує підприємницький ризик у випадку, якщо галузь вступить в смугу стагнації, призводить до залежності компанії від власних структур і джерел постачань, які пізніше можуть стати дорожчими за зовнішні постачання, може створити проблеми збалансованості виробництва на кожній стадії виробничого циклу. Значним недоліком є також те, що вона знижує виробничу гнучкість компанії і ще сильніше закріплює компанію в галузі.

Інтеграція в мінеральному секторі завжди була звичайним явищем як у світі, так і в Україні та країнах СНД. Її вираженням були тісні виробничі та економічні зв'язки між гірничодобувними і металургійними підприємствами. У чорній металургії завжди вирішальним чинником при будівництві металургійного підприємства була близькість до достатніх запасів залізної руди, коксівного вугілля та низки інших видів допоміжної мінеральної сировини, що забезпечать на десятиліття роботу металургійного комбінату. Роздільна приватизація металургійних і гірничодобувних комбінатів, що є ланками єдиного технологічного ланцюга, перехід від централізованого управління і планування до вільних ринкових стосунків призвели на початку перехідного періоду української економіки до руйнування процесу вертикальної інтеграції та створили серйозні проблеми у виробничій діяльності як для гірничодобувних, так і для металургійних підприємств.

Однією з основних причин інтеграційного процесу в світовому гірничо-металургійному комплексі є висока концентрація виробництва в сировинному секторі. У даний час приблизно три чверті світового видобутку залізної руди знаходиться в руках трійки лідерів – бразильської «Vale», британської «Rio Tinto Group» та британо-австралійської «BHP Billiton». У світі немає жодної галузі, де б спостерігалася настільки висока концентрація, що спричиняє за собою постійне підвищення і мало передбачувану поведінку цін на сировину. Тому виробники металу шукають способи протистояння високій концентрації постачальників сировини. У світовій металургії проблему

збалансованого забезпечення залізородною сировиною, в основному, вирішують за допомогою створення спільних підприємств з виробниками залізної руди і розміщення плавильних потужностей поблизу залізородних родовищ.

Процес консолідації в світовій залізородній галузі йшов безперервно з 1970-х років, а з початком нового тисячоліття ще більш прискорився за рахунок інтенсивного злиття і придбань. З 1994 р. з початком обліку витрат на таке укрупнення, найвищий рівень витрат на консолідацію елементів світової гірничої промисловості досяг у 2001 році (понад 40 млрд. дол. США), який на 60% перевищив попередній максимум, досягнутий у 1998 р., і на 18,7 млрд. дол. став більше, ніж у 2000 р. Приблизно такий же рівень витрат був і в 2002 р. Станом на кінець 2003 р. консолідація ринку складала 20%, сьогодні вже 50% та рівень її підвищується кожного року.

Отже, зрозуміло, що процеси глобалізації значно впливають на практику господарської діяльності гірничорудних підприємств світу, зокрема України: перед ними постають нові виклики, які потребують оперативного реагування з метою підтримання їх конкурентоспроможної позиції на ринку. Виходячи зі специфіки функціонування гірничозбагачувальних підприємств України та місця, яке вони займають на світовому ринку залізородної сировини (5%), прояв чинників глобалізації та їх вплив на економічну безпеку цих підприємств проаналізовано в аспекті створення нових можливостей для їх розвитку та виникнення загроз їх безпеці внаслідок глобалізації.

За результатами дослідження впливу глобалізації на економічну безпеку гірничодобувних підприємств України здійснено аналіз основних факторів та їх наслідків на умови господарювання цих підприємств. Найбільш вагомими факторами процесу глобалізації виділено наступні.

1. *Кон'юнктура світових фінансових ринків.* Глобалізація фінансового ринку, з одного боку, спрощує фінансові відносини країн та процеси перетікання капіталів, а з другого – може створювати певну нестабільність та загрози (наприклад, уповільнення зростання економіки окремої країни може призвести до погіршення фінансової ситуації в світі).

2. *Кон'юнктура світових ринків товарної продукції.* Найбільші світові гравці на ринку залізородної сировини контролюють в значній мірі цей світовий ринок, тим самим маючи можливість монопольно збільшувати ціни. Наприклад, у 2008 р. компанія «Vale» підняла ціни на 65-71%. При цьому її світові конкуренти «Rio Tinto Group» та «BHP Billiton» ще більше підвищили ціну. Глобальна економічна криза деяким чином скорегувала цю тенденцію, проте істотно не впливає на довгострокові плани розвитку цих найвпливовіших світових виробників залізородної сировини (так, до 2012 року компанія «BHP Billiton» планує збільшити видобуток до 240 млн. т/рік, що на 100 млн. т перевищує сьогоднішні показники, а до 2015 року – до 300 млн. т/рік.) Українські виробники

залізородної сировини слідує глобальній тенденції та встановлюють ціни на рівні світових.

Для підвищення дисципліни та передбачуваності ринку залізородної сировини здійснюється його істотна консолідація і серед трейдерів, і серед споживачів цієї продукції.

3. *Можливості консолідації (інтеграції) на внутрішньому ринку.* Українські підприємства-виробники залізородної продукції мають значний ступінь консолідації, але їх можливості щодо консолідації (інтеграції) в межах держави обмежені невеликою кількістю доступних до поглинання активів. Це створює певні труднощі на шляху інтеграції з світовими підприємствами-виробниками аналогічної продукції.

В Україні процес інтеграції підприємств гірничо-металургійного комплексу інтенсивно проходив протягом останніх п'яти років, в результаті чого виділилися чотири гравці на українському ринку залізородної сировини: «Метінвест холдинг», «Arcelor Mittal Кривий Ріг», «Evraz Group» та «Fergexro». При цьому компанія «Метінвест холдинг» виробляє близько 70% залізородної сировини в Україні та забезпечує 66% обсягу її постачань на внутрішній ринок для задоволення потреб українських металовиробників. Таким чином, українська гірничорудна галузь має приблизно такий же ступінь консолідації (інтеграції), як і світова, але і набагато менший потенціал для злиття і поглинання усередині країни.

4. *Ефективність господарської діяльності.* Процеси глобалізації сприяють економічному зростанню та підвищенню продуктивності підприємств, що є у складі інтегрованої компанії, через такі чинники:

- отримання доступу до іноземних інвестицій;
 - використання нових технологій, в тому числі й тих, що є надбанням підприємств, які входять до складу інтегрованої компанії;
 - прискорення процесу технічного переоснащення;
 - зменшення конкурентоспроможності продукції через забезпечення збуту виробленої продукції внаслідок можливої переорієнтації на потреби споживачів у рамках інтегрованої компанії (як правило, розширення асортименту продукції підприємства є диверсифікацією збуту і дає велику стійкість йому на ринку);
 - збалансування обсягів пропозиції та попиту на товарну продукцію;
 - оптимізацію трансакційних витрат при просуванні продукції на міжнародні ринки збуту;
 - захист груп інтересів на міжнародних ринках;
 - поглиблення процесів міжнародного поділу праці; створення нових робочих місць та таким чином підвищення соціальної стабільності в регіоні;
 - уніфікацію законодавства та звітності, що сприятиме більш швидким подальшим процесам перерозподілу ринку між основними його гравцями;
 - підвищення екологічності виробничої діяльності.
- Таким чином, прогнозоване в XXI ст. зростання світового споживання природних, у тому числі міне-

рально-сировинних, ресурсів викликає необхідність формування нової мінерально-сировинної політики всіма промислово розвиненими державами з метою захисту власних інтересів.

Глобалізація економіки, незадовільна кон'юнктура світового ринку металів, вступ України до СОТ, рецесія основних споживачів металопродукції, витіснення вітчизняної залізородної продукції з міжнародного ринку формулюють нові вимоги до здійснення господарської діяльності українськими гірничозбагачувальними підприємствами. В цих умовах забезпечення їх економічної безпеки можливе за рахунок підвищення конкурентоспроможності товарної продукції.

При глобалізації найближчими роками забезпечення економічної безпеки гірничозбагачувальних підприємств відбуватиметься не за рахунок радикальної зміни технологій видобутку та переробки, а за рахунок впровадження інноваційних способів управління нею, інформаційних технологій. Потрібне впровадження наукоємних процесів, реконструкція і технічне переоснащення цих підприємств з метою виробництва конкурентоспроможної продукції високого ступеня готовності й зниження виробничих витрат. Вдосконалення технологій видобутку та переробки можливо лише на базі використання сучасних технічних засобів контролю й управління виробничими процесами, а також нових наукових знань і інженерних рішень.

Іншою складовою довготривалого успіху на ринку залізородної сировини є ефективна диверсифікація виробництва і скорочення ринкової частки порівняно дешевої первинної залізородної продукції, збільшення в загальній структурі виробництва продуктів високого ступеня переробки.

В цілому, за умови реалізації зазначених заходів щодо забезпечення економічної безпеки гірничозбагачувальних підприємств і успішного вирішення проблем, що склалися, можливо підвищити конкурентоспроможність цих підприємств та підсилити їх орієнтацію на забезпечення потреб вітчизняного і світового ринків залізородної сировини.

Список літератури

1. Пілова Д.П. Обґрунтування рівня економічної безпеки підприємства як критерію оцінки результатів його господарської діяльності // Економіка: проблеми теорії та практики. – 2007. – Вип. 224. Т. 4. – С. 900-910.
2. Контурова С.М. Головні чинники і наслідки розвитку економіки України в умовах глобалізації // Актуальні проблеми економіки. – 2006. – № 12. – С. 91-97.
3. Козловский Е. Минерально-сырьевые ресурсы стран СНГ и их совокупная значимость в условиях глобализации // Промышленные ведомости: экспертная общероссийская газета. – 2007. – № 7.

Рекомендовано до публікації д.е.н. Т.Б. Решетіловою 02.09.09

ЕКОНОМІЧНА МЕНТАЛЬНІСТЬ УКРАЇНЦІВ ТА ПРОБЛЕМИ ЇЇ ДІАГНОСТИКИ У ТРАНСФОРМАЦІЙНІЙ ЕКОНОМІЦІ

Подано загальну характеристику впливовості системи цінностей на економічну діяльність, запропоновано розширення сфери досліджень міждисциплінарного характеру за рахунок залучення розробок соціальної психології та визначено підходи до діагностики ментально-ціннісних характеристик українського соціуму.

Дана общая характеристика влияния системы ценностей на экономическую деятельность, предложено расширение сферы исследований междисциплинарного характера за счет привлечения разработок социальной психологии и определены подходы к диагностике ментально-ценностных характеристик украинского социума.

The general characteristic of influence of system of values on economic activities is given, expansion of sphere of researches of interdisciplinary character at the expense of attraction of workings out of social psychology is offered and approaches to diagnostics of mentally-valuable characteristics of the Ukrainian society are defined.

Сучасна Україна переживає досить непростий період, пов'язаний із трансформаційними перетвореннями, які охопили усі сфери життєдіяльності суспільства. Економічні, політичні, соціальні, духовні та загальнокультурні процеси набувають сьогодні особливого змісту і відзначаються нестабільністю. За таких умов найбільш значимими й актуальними є проблеми розробки стратегії трансформаційних реформ, що вимагає всебічного вивчення закономірностей функціонування нерівноважної економіки та пошуку шляхів державного впливу на формування її інституціональної основи.

Незважаючи на певний доробок, представлений роботами Л. Абалкіна, А. Гриценка, Р. Грінберга, В. Дементьєва, Г. Задорожного, Ю. та Н. Латових, Р. Нурєєва, А. Олійника, І. Осадчої, В. Полтеровича, О. Рубінштейна, С. Серьогіної, В. Тамбовцева, А. Шастітко та інших, все ще не можна стверджувати, що в економічній науці пострадянського простору сформувалась концепція трансформаційної економіки. Сьогодні це скоріше пошук методологічної основи, на якій стане можливим поглиблене вивчення еволюційного розвитку соціуму.

Як уявляється, загальним недоліком сучасної економічної науки в Україні є відсутність системного погляду на природу суспільства, а також пов'язана з цим її неспроможність повною мірою пояснити його організаційну культуру як складний феномен, що ґрунтується на взаємозалежності та взаємодії не тільки економічних, а й політичних, моральних, релігійних, національно-етнічних, культурних та інших чинників. Системний підхід, згідно з яким економіка розглядається як компонент більш широкої соціальної системи, у якій взаємодіють і взаємо накладаються одна на одну політична, ідеологічна, правова та культурна підсистеми, дозволяє представити фактори суспільного розвитку як такі, що поєднуються між собою, формують те особливе інституціональне середовище, в якому, власне, і відбувається суспільна координація.

Для розуміння даного процесу вже недостатньо використовувати тільки економічні підходи. Виникає необхідність проведення досліджень міждисциплінарного характеру, залучення до теоретичної економіки напрацьованих інших соціальних наук і формування нового погляду на суспільство на основі методології постнекласичної наукової картини світу. Перш за все, слід усвідомити той факт, що любе суспільство є системою дії, в якій функціонування компонентів є нічим іншим, як взаємодією суб'єктів на основі ціннісно-світоглядних орієнтацій, що зумовлюють і визначають будь-яку діяльність.

Як цілком справедливо стверджує С. Синяков, «сьогодні homo economicus поступився реальній людині з її думками, мотивами, ціннісно-нормативними спрямуваннями. Економіка не може нехтувати психологією й ідеологією, і ми бачимо можливості культурної детермінації у вирішенні економічних проблем...Однак, окрім тісних зв'язків з психологією і культурологією, а також соціальною і національною антропологією, кожне економічне рішення має й інші аспекти: соціокультурні, інституціональні, демографічні, географічні тощо. Саме тому від ступеня співробітництва економічної науки з іншими суспільними науками, перш за все філософією і соціологією, буде залежати її подальший розвиток, вірний вибір проблем, вплив на реальну економіку» [1, с. 306].

Дана стаття являє собою спробу переосмислення існуючих підходів до аналізу суспільства, визначення напрямів оновлення методологічного інструментарію здійснення досліджень міждисциплінарного характеру, а також ставить за мету дати загальну характеристику впливовості системи цінностей на економічну діяльність і визначити показники діагностики ментально-ціннісних характеристик соціуму.

У соціологічній традиції склалася досить вагома школа, що займається дослідженням розвитку, функціонування та впливу на еволюцію суспільства норм, інститутів, цінностей та культури. Завдяки соціальній філософії французького соціолога-позитивіста

Е. Дюркгейма [2, 3] до теорії увійшли уявлення про вплив колективної свідомості на діяльність індивідів, традиція розглядати суспільство як єдине ціле і пояснювати індивідуальну поведінку приматом соціального. По суті, Е. Дюркгейм одним із перших здійснив аналіз суспільства з урахуванням впливу на його розвиток культурних компонентів, таких як моральні принципи і загальнолюдські цінності, універсальні релігійні ідеали.

Значну роль у розвитку системних поглядів зіграла теорія часткової й аналітичної причинності німецького соціолога М. Вебера, згідно якої виключається можливість визначального впливу одного елемента дійсності на інші її аспекти без того, щоб останні не здійснили оберненої відповідної реакції. Немаловажного значення у плані становлення методології міждисциплінарного характеру мало і Веберове дослідження впливу суспільного світогляду і, особливо релігії, на соціальні організації та індивідуальні погляди [4].

Внесок німецької соціології до формування постнекласичної парадигми поповнюється соціальною філософією К. Манхейма [5]. На основі крайнього неприйняття натуралістичних спрямувань у науці і методологічних принципів позитивізму при дослідженні суспільства, вчений здійснив аналіз європейської соціокультурної ситуації у контексті розвитку культури й виховання. Особливого значення вчений надає впливу ідеологій і наголошує на необхідності дослідження психологічних механізмів колективних дій і уявлень тих або інших соціальних груп.

Новий етап у розвитку даної проблематики пов'язаний із іменами таких представників американської соціології ХХ ст., як П. Сорокін, Т. Парсонс, Р. Мертон, Дж. Смелсер. На основі методології емпіричного неопозитивізму П. Сорокін аналізує проблеми соціальної взаємодії і приходять до висновку, що суспільство продукує норми і цінності, які циркулюють між соціально свідомими індивідами. Суспільна система у теоретичній конструкції вченого – це єдине культурне начало. Тому фактор культурної детермінації постає основним методологічним прийомом аналізу соціокультурних змін, у результаті застосування якого розкриваються причини суспільної еволюції [6].

Спираючись на загальну теорію систем, американський соціолог Т. Парсонс обґрунтовує необхідність зрушення від економіки до соціології як цілісної теорії, здатної адекватно пояснити суспільні зміни. Досліджуючи соціокультурні фактори оточення соціальних систем, Т. Парсонс приходять до висновку про існування критерію самодостатності, який відрізняє суспільство від інших систем, і за його допомогою створює концептуальну схему культури, особистості й індивідуальної поведінки. Системи і підсистеми постають у його концепції як кібернетична ієрархія, що містить у собі культурний, соціальний, біологічний і особовий компоненти [7].

Немаловажного значення для розвитку методології міждисциплінарного характеру мало дослідження

вченим проблеми раціональності, у ході вирішення якої була здійснена спроба за допомогою психоаналізу З. Фрейда дослідити природу раціональних елементів поведінки індивіда по відношенню до нераціональних та ірраціональних складових і на цій основі визначити їх роль у детермінації суспільних дій.

У подальшому послідовник Т. Парсонса у американській соціології Р. Мертон створив власну версію структурно-функціональної теорії (функціональний структуралізм), за якою структура системи характеризується через критерії організованості рядів соціальних відносин, їх регулярності і періодичності, а також стримування (ініціювання соціальних відносин системами ідеалів, норм і культурних зразків) [8].

Вагому роль у вирішення подібних проблем внесла і франкфуртська школа. Використовуючи методологію марксизму та доповнюючи її методами психоаналізу, антропології і соціології, її представники Г. Маркузе і Е. Фромм намагалися побудувати нову модель економічної людини, перебороти проблеми часткового аналізу економічної діяльності індивіда шляхом синтезу теоретичних доктрин і моделей людини у єдину концепцію соціального індивіда [9, 10].

Отже, у світовій науці протягом першої половини ХХ століття почав формуватися своєрідний сплав тих предметних областей, які з різних сторін вивчають діяльність людини. У наукове співтовариство пострадянського простору ці ідеї почали проникати тільки в останнє десятиріччя минулого сторіччя. Таке положення, на нашу думку, мало свої причини, пов'язані, по-перше, з інертністю і консервативністю вітчизняної економічної науки, довготривалою її ізоляцією від теоретичних надбань Заходу і, по-друге, з досить запізненим усвідомленням глибинних причин невдалого реформаторства.

Тільки пройшовши шлях демонтажу командно-адміністративної економіки і форсованої лібералізації, переживши не одну економічну й політичну кризу ми зрозуміли, що інститути вільного ринку та демократії, імплантовані в український простір, не будуть так само ефективно працювати, як і у країнах розвинутої ринкової економіки. Стало очевидним, що будь-які соціальні трансформації не можуть відбуватися без урахування історичних особливостей розвитку кожної конкретної країни, її національно-культурних традицій, пануючих світоглядних систем та домінуючих координаційних інститутів.

Сьогодні серед вітчизняних науковців вже не викликає сумнівів той факт, що в основі розвитку любого суспільства знаходиться певна інституціональна структура, яка складається із формальних і неформальних правил. Формальні правила створюються штучно, виступають як обмеження у явному вигляді (офіційні тексти або документи, засвідчені третьою стороною усних домовленостей) і забезпечуються захистом з боку держави. Неформальні правила, хоча і виступають досить жорсткими обмеженнями поведінки людей, по-перше, зазвичай не фіксуються у письмовій формі, а існують у пам'яті учасників різних соціальних груп; по-друге, захищаються іншими,

ніж держава, механізмами. Це, по суті, загальнови-знані кодекси й умовності поведінки.

Неформальні правила виникають із інстинктів, оформляються на основі цінностей у стійкі норми людської взаємодії, передаються шляхом навчання й імітації від покоління до покоління і виступають частиною культурної спадщини. Саме культура формує певний набір програмованих реакцій свідомості, які люди засвоїли з метою пристосування до повсякденного життя. Отже, якщо формальні правила можуть бути штучно придумані й насильно впроваджені, то неформальні визначаються виключно минулими процесами.

Саме з інерційністю неформальних правил пов'язані проблеми, що виникають у ході реформування кожної конкретної економіки. Якщо формальні правила можна легко і швидко змінити, то перебудова неформальних правил є більш складним і довготривалим процесом. Неспівпадання характеру і динаміки розвитку правил, які формують інституціональне середовище, призводять до неможливості досягнення стійких параметрів інституціональної рівноваги у суспільстві а, значить, і ускладнюють саму можливість здійснення у ньому ефективних реформ.

У силу цього виникає необхідність діагностики ментальних характеристик населення кожної конкретної країни, виявлення домінуючих у суспільстві стереотипів і цінностей. Тільки у результаті таких досліджень отримується інформація про реально існуючі неформальні правила, яка у подальшому може бути використана для розробки стратегічних і тактичних кроків економічної політики держави у сфері розбудови інституціонального середовища трансформаційної економіки.

На сьогоднішній день у економічній теорії ще не відбулося остаточного становлення методології, яка б мала у своєму розпорядженні адекватні методи виявлення тих реальних неформальних інститутів, які діють у даний момент у кожному конкретному суспільстві. Однак існують досить цікаві спроби залучити до інституціонального аналізу, який досліджує інститути, аналітичні методи із арсеналу таких наук, як етносоціологія та етнопсихологія.

Засновником етнометрії (напряму етносоціальних досліджень, у центрі якого знаходиться аналіз ментальних характеристик різних етнічних груп з використанням формалізованих методів) вважається нідерландський вчений Гірт Хофстеде, перші дослідження якого були здійснені ще в кінці 1960-х рр. Його підхід базується на показниках культурної ідентифікації, які можна застосовувати до всіх без виключення країн. Це дає можливість встановити положення будь-якої країни на загальносвітовій ментальній карті.

Емпіричні дані, що використовувались Хофстеде, були отримані при анкетуванні філіалів IBM у 40 країнах і охопили 116 тис. чол. На основі отриманих даних вчений виділив чотири показника, за допомогою яких могли бути охарактеризовані й описані пануючі ціннісні системи представників різних країн і

етнічних груп: «дистанція по відношенню до влади», «унікнення невизначеності», «індивідуалізм», «маскуліність» [11]. У подальшому список досліджуваних країн він розширив до 70, а до чотирьох показників додано п'ятий – конфуціанський динамізм, перейменованій згодом у «довгострокову орієнтацію».

Дистанція влади (PDI – Power Distance) – це оцінка готовності людей приймати нерівномірність розподілу влади в інститутах і організаціях.

Уникнення невизначеності (UAI – Uncertainty Avoidance) – це показник того, настільки люди відчувають загрозу від двозмістовних, незрозумілих і нечітких ситуацій та намагаються ухилитися від них через прийняття чітких правил, вірячи в абсолютну істину і відмовляючись від девіантної поведінки.

Індивідуалізм (IDV – Individualism) – показник того, чи прагнуть люди турбуватися тільки про себе і про власні сім'ї, чи мають схильність поєднуватися у певні групи, які несуть відповідальність за людину в обмін на її лояльність.

Маскуліність (MAS – Masculinity) – це оцінка схильності людей до напористості і жорсткості, зосередженості на матеріальному успіху, відсутності цікавості до інших людей і умов їхнього життя.

Конфуціанський динамізм (CDI – Confucian dynamism) – це показник того, настільки суспільство проявляє прагматизм і стратегічно орієнтується на майбутнє на відміну від традиціоналізму і короткострокової (тактичної) орієнтації.

За даною методикою було здійснено низку досліджень вченими Росії Ю. Латовим та Н. Латовою (2000 р.), в яких при виявленні цінностей і ментальних рис росіян вибіркою слугувала студентська молодь [12]. Активні теоретичні та емпіричні дослідження розвитку та впливу норм, цінностей та культури на розвиток інституціональної структури суспільства проводились і за іншими методиками Р. Нуревим, А. Олейником, О. Наумовим, Є. Ясиним. В останні роки активну увагу цій проблемі приділяють і такі вітчизняні економісти, як В. Демет'єв, С. Архіреєв, В. Сумін [13, 14].

Апробація результатів виявила цілу низку недоліків, пов'язаних із застосуванням відомих методик. Стало зрозумілим, що вибірки респондентів, які беруть участь в опитуванні, мають бути значно ширшими у якісному відношенні. Працівники компанії IBM, опитувані Хофстеде, – це досить вузька група менеджерів однієї високотехнологічної галузі, яка не відображає повною мірою ментальні риси пересічного громадянина тієї чи іншої країни. Теж саме можна сказати і у відношенні опитувань студентства російськими колегами, оскільки студенти являють собою найбільш рухомий і нестійкий по відношенню до укорінених цінностей прошарок суспільства, що також не відображає повною мірою його дійсні неформальні норми.

Щодо інших методик, то всі вони зорієнтовані на виявлення так званої конституції ринку – системи норм, що складає базу і саму можливість функціонування у тій чи іншій економіці ринкових механізмів.

Ці методики при більш детальному аналізі виявляються нічим іншим, як інструментом дослідження тих норм, які складають не реально існуючий, а ідеальний тип конституції ринку. На наш погляд, це є методологічною помилкою. Шість базових норм, а саме: складний утилітаризм, цілераціональна поведінка, деперсоніфікована довіра, емпатія, свобода у позитивному сенсі та легалізм є проявами психічної діяльності людини на будь-якому етапі її розвитку як виду, так і цивілізації у цілому. Це означає, що залежно від того, які її прояви мають місце і є звичайними для даного суспільства, буде залежати, відповідно, і пануючий на даному етапі розвитку тип економіки. Отже, необхідно розглядати дію цих норм не як їхній прояв до інститутів ринку, а як звичайну психічну діяльність людини як виду на даному етапі свого функціонування.

У відношенні вітчизняних досліджень необхідно відзначити те, що українські економісти не проводять комплексних власних соціологічних опитувань, а для оцінки норм здебільшого використовують дані іноземних агенцій та обчислюють необхідні індекси за загальними методиками, розробленими такими відомими всесвітніми організаціями, як Всесвітній банк, Репортери без кордонів тощо. Така оцінка не дає змоги встановити реально існуючі норми психічної діяльності людини, а отже, її реакції на інституційні зміни у конкретному суспільстві.

Так, якщо взяти як приклад розрахунок загальнозживаного у світовій статистиці індексу економічної свободи, то розрахований за методиками міжнародних організацій він формує уяву лише про рівень доходів у суспільстві та структуру видатків більшої частини населення. При цьому він не дає жодної інформації про те, за рахунок чого у повсякденному житті людина поводить себе як вільна, як така, що може приймати рішення щодо своїх дій самостійно і зважено. Разом з цим, неможливо на основі подібних даних виявити ті реальні чинники (цінності, стереотипи, примус інших осіб тощо), які детермінують індивідуальну поведінку. Отже, для з'ясування реальних норм діяльності членів нашого суспільства як базових параметрів інституціонального середовища, що формується, необхідно розширити існуючі методики через залучення тих позитивних методологічних результатів, які отримані у соціальній психології та психоаналітичній діяльності.

Для виявлення домінуючих у нашій країні норм конституції ринку нами розроблено пакет тестів із соціально-психологічної діагностики особистості та суспільства в цілому. Для визначення норми утилітаризму та його різновидів пропонується використання «Методики діагностики соціально-психологічних настанов у мотиваційній сфері О. Потьомкіної» та «Орієнтаційної анкети Б. Басса» [15]. При застосуванні анкети першої методики відкриваються значно більші можливості у з'ясуванні ступеня прояву соціально-психологічних настанов середньостатистичного українця на «альтруїзм-егоїзм», «процес-результат» та «свободу-владу», а також на дихотомію

«праця-гроші». Друга анкета дозволяє виявити види особистої спрямованості: на себе; на стосунки та на справу. Комбінація та співставлення результатів цих анкет дозволяє виявити відсотковий розподіл проявів психічної діяльності громадян між простим та складним утилітаризмом, а також встановити домінуючу його форму у нашому суспільстві.

У відношенні до дослідження норми довіри слід зазначити, що соціологи та психологи прояв цього феномену розглядають у парі «довіра-недовіра». Одним із провідних сучасних положень є те, що довіра не повсякчасно приносить користь, а недовіра – зло. Надлишок довіри може значно нашкодити у той час, як здорова недовіра може запобігти втратам або принести навіть користь. Довіра та недовіра спрямовані на регулювання відносин особистості з оточуючим середовищем та сприяють його особистому розвитку. Для встановлення рівня прояву довіри-недовіри нами пропонується використання методики А. Купрейченко [16]. Як уявляється, найбільша її цінність полягає у можливості виявити так званий радіус довіри, тобто те, чи обмежується коло учасників угод лише знайомими особами, чи такого кола взагалі не існує, а угоди укладаються з незнайомими агентами.

Рівень особистої емпатії у нашому суспільстві та ступінь розповсюдження цієї норми доцільно, на наш погляд, виміряти за допомогою стандартного психологічного тесту «Дослідження рівня емпатійних тенденцій» [17]. Ця методика дозволяє встановити п'ять рівнів емпатійності: дуже високий рівень; високий рівень; нормальний рівень; низький рівень та дуже низький рівень. При встановленні рівня свободи у суспільстві пропонується використання двох анкет: «Методика діагностики соціально-психологічних настанов у мотиваційній сфері О. Потьомкіної» та «Тесту на незалежність» [15]. За результатами останнього стає можливим зробити висновки про три рівня незалежності особистості, а саме:

- 1) чи у своїх судженнях і діях людина є надзвичайно незалежною і фактично не зважає на думку інших людей;
- 2) чи є людина достатньо незалежною, але у своїй незалежності з повагою відноситься до думок інших людей;
- 3) особистість розглядається як залежна від оточуючих людей, несамостійна, невпевнена у собі.

Комбінація результатів двох тестів дає нам можливість виявити якість прояву норми свободи особистістю. Так, окремі особи можуть демонструвати крайні вияви свободи аж до анархізму, інші, навпаки, діяти у відповідності з позитивним сенсом цієї норми. Крім того, кількісні показники виявляють відсотковий розподіл у суспільстві між різними рівнями свободи.

Прояви норми легалізму, за нашим переконанням, необхідно оцінювати за допомогою «Методики виявлення схильності до поведінки, яка відхиляється» (А. Орел) чоловічого та жіночого варіантів та «Шкали сумління» (В. Мельніков, Л. Ямпольський) [17]. Нами пропонується дещо модифікована версія пер-

шої анкети з її адаптацією для опитування дорослих осіб, а не підлітків, для яких, власне, вона й була розроблена. За цією анкетною ми маємо можливість виявити схильність до подолання норм і правил, до адиктивної поведінки, до самоушкодження та саморуйнування, агресії і насилля, деліквентної поведінки та рівня вольового контролю емоціональних реакцій. За допомогою другої методики вимірюється ступінь поваги до соціальних норм і етичних вимог. Інтерпретація результатів цих тестів дає змогу встановити особистий рівень поваги до законів, готовність добровільно їм підпорядковуватися та водночас оцінити загальний рівень розповсюдження цієї норми.

Для оцінки останньої норми конституції ринку – цілераціональної поведінки – нами самостійно розроблено анкету, яку пропонується застосовувати у комбінації з результатами тесту “Методика діагностики соціально-психологічних настанов у мотиваційній сфері” О. Потьомкіної для отримання інформації про реально існуючий характер цілеспрямованої індивідуальної поведінки. Як уявляється, таке комплексне дослідження норм конституції ринку, що склалися і реально регулюють інституціональний простір нашого суспільства, відобразить більш реальну картину і водночас продемонструє, в яких напрямках необхідно працювати уряду при розбудові інституціональних засад ринкової економіки. Виявлення домінуючих норм та культурних особливостей в українському суспільстві дозволить проектувати та імпортувати демократичні та економічні інститути, які матимуть значні шанси прижитися в існуючій інституціональній структурі та ефективно функціонувати.

Список літератури

1. Философия экономики / Отв. ред. С.В. Сняжков. – К.: Альтерпрес, 2002. – 384 с.
2. Дюркгейм Э. О разделении общественного труда. Метод социологии / Изд. подгот. А.Б. Гофман. – М.: Наука, 1991. – 572 с.
3. Дюркгейм Э. Самоубийство: социологический этюд / Пер. с фр. А.Н. Ильинского. – СПб.: Союз, 1998 – 492 с.
4. Вебер М. Избранные произведения. – М.: Прогресс, 1990. – 808 с.
5. Манхейм К. Диагноз нашего времени. – М.: Юрист, 1994. – 700 с.
6. Сорокин П. Система социологии. – М.: Астрель, 2008. – 1008 с.
7. Парсонс Т. Структура современных обществ: Пер. с англ. Л.А. Седова и А.Д. Ковалева. Под ред. М.С. Ковалевой. – М.: Аспект Пресс, 1998. – 270 с.
8. Мертон Р. Социальная теория и социальная структура // Социологические исследования. – 1992. – № 2. – С. 118-124.
9. Фромм Е. Здоровое общество: Пер. с англ. Т. Банкетовой. – М.: АСТ МОСКВА: ХРАНИТЕЛЬ, 2006. – 539 с.
10. Маркузе Г. Одномерный человек: Пер. с англ. А. Юдина. – М.: ООО Изд-во АСТ», 2003. – 312 с.
11. Hofstede G.H. Culture's consequences: Comparing values, behaviors, institutions and organizations across nations. 2nd ed. Sage Publications, 2001. – 232 с.
12. Латова Н.В., Латов Ю.В. Российская экономическая ментальность на мировом фоне // Общ. науки и современность. – 2001. – № 4. – С. 32-47.
13. Постсоветский институционализм: Монография / Под ред. Р.М. Нуреева, В.В. Дементьева. – Донецк: Каштан, 2005. – 480 с.
14. Сумин В.А. Оценка рыночных норм поведения во взаимодействиях индивидов // Наук. праці Донецького нац. ун-ту. Сер.: економічна. – Донецьк, Дон НТУ, 2005. – Випуск 89-1. – С. 141-147.
15. Тестирование личностных характеристик в психоаналитической практике / Режим доступа: <http://bsylist.net>.
16. Купрейченко А.Б., Табхарова С.П., Критерии доверия и недоверия личности к другим людям // Психологический журнал. – 2008. – Т. 28, № 2. – С. 55-97.
17. Тестирование личности / Режим доступа: <http://uzps.ru>.

Рекомендовано до публікації д.е.н. А.О. Задосю 02.09.09

- Біліченко Юрій Миколайович доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій НГУ, к.т.н.
- Бондаренко Микола Олександрович завідувач науково-технологічного центру бурового інструмента ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, д.т.н.
- Бондарчук Ольга Михайлівна старший викладач кафедри економіки, організації та управління підприємствами Криворізького технічного університету
- Бруй Ганна Валеріївна доцент кафедри маркшейдерії НГУ, к.т.н.
- Бутов Дмитро Сергійович студент НГУ
- Голишев Олександр Маркович завідувач кафедри теплогазоводопостачання, водовідведення і вентиляції Криворізького технічного університету, професор, д.т.н.
- Давиденко Олександр Миколайович завідувач кафедри ТРПКК НГУ, професор, д.т.н.
- Денищенко Олександр Валерійович доцент кафедри транспортних систем і технологій НГУ, к.т.н.
- Долгова Тетяна Іванівна професор кафедри екології НГУ, д.т.н.
- Журавель Надія Романівна студентка Криворізького технічного університету
- Іванченко Владислав Вікторович доцент Криворізького технічного університету, к.г.-м.н.
- Ігнатов Андрій Олександрович асистент кафедри техніки розвідки родовищ корисних копалин НГУ
- Іконніков Максим Юрійович аспірант кафедри аерології та охорони праці НГУ
- Ішков Валерій Валерійович завідувач кафедри мінералогії та петрографії НГУ, к.г.-м.н.
- Коваленко О.В. аспірант Кіровоградського національного технічного університету
- Куліковська Ольга Євгенівна докторант кафедри маркшейдерії КТУ, доцент, к.т.н.
- Лаврик Марія Олегівна аспірантка кафедри екології НГУ
- Литвиненко Наталія Іванівна доцент кафедри обліку та аудиту НГУ, к.е.н.
- Мечник Володимир Аркадійович старший науковий співробітник ІНМ ім. В.М. Бакуля НАНУ, к.т.н.
- Моссур Олександр Петрович директор приватного підприємства «Лагуна»
- Назаренко Валентин Олексійович професор кафедри маркшейдерії НГУ, д.т.н.
- Нестеренко Тетяна Петрівна аспірантка Криворізького технічного університету
- Однороженко Любов Анатоліївна науковий співробітник сектору досліджень фанерозою Дніпропетровського відділення Українського державного геологорозвідувального інституту
- Олішевська Валентина Євгенівна доцент кафедри ТГМ НГУ, к.т.н.
- Панов Олексій Володимирович молодший науковий співробітник ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України
- Паранько Ігор Степанович професор кафедри фізичної географії та геології Криворізького державного педагогічного університету
- Перепелиця Борис Олександрович здобувач ДП «Донбаський науково-дослідний та проектно-конструкторський вугільний інститут»
- Пилипенко Ганна Миколаївна докторант кафедри економічної теорії та основ підприємництва НГУ, к.е.н.
- Пілова Дар'я Петрівна доцент кафедри прикладної економіки НГУ, к.е.н.
- Пілова Катерина Петрівна доцент кафедри маркетингу НГУ, к.е.н.
- Прусов Дмитро Едуардович докторант кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Національного авіаційного університету, доцент, к.т.н.
- Радчук Дмитро Ігорович аспірант кафедри аерології та охорони праці НГУ
- Роєнко Анатолій Миколайович заступник завідувача кафедри будівництва і геомеханіки НГУ, професор, д.т.н.
- Рябічев Віктор Дронович декан Антрацитівського факультету гірництва та транспорту СНУ ім. В. Даля, професор, д.т.н.
- Савченко Анатолій Анатолійович доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства НГУ, к.т.н.
- Сидоренко Віктор Дмитрович проректор з наукової роботи КТУ, професор, д.т.н.
- Соболев Валерій Вікторович професор кафедри будівництва і геомеханіки НГУ, д.т.н.
- Стефанський Вадим Леонідович завідувачий сектором досліджень фанерозою Дніпропетровського відділення Українського державного геологорозвідувального інституту, к.г.-м.н.
- Супрун Михайло Вікторович молодший науковий співробітник ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України
- Таран Ігор Олександрович завідувач кафедри управління на транспорті НГУ, доцент, к.т.н.
- Терешкова Ольга Анатоліївна асистент кафедри загальної та структурної геології НГУ
- Титов Олександр Олександрович доцент кафедри гірничих машин НГУ, к.т.н.
- Тяпкін Олег Костянтинович доцент кафедри геофізичних методів розвідки НГУ, к.г.-м.н.
- Устименко Євген Борисович технічний директор ДП «НВО «Павлоградський хімічний завод»», к.т.н.
- Філімоніхін Геннадій Борисович професор кафедри деталей машин і прикладної механіки Кіровоградського національного технічного університету, д.т.н.
- Харін Сергій Анатолійович доцент кафедри менеджменту КЕІ КНЕУ, к.т.н.
- Чемакіна Марина Володимирівна аспірантка кафедри маркшейдерії НГУ
- Череп Андрій Юрійович асистент кафедри прикладної економіки НГУ, к.т.н.
- Шашенко Дмитро Олександрович асистент кафедри цивільного та господарського права НГУ
- Шиман Леонід Миколайович генеральний директор ДП «НВО «Павлоградський хімічний завод»», к.т.н.

З М І С Т

Роенко А.Н., Харин С.А. Анализ зависимости скорости проходки стволов от производительности средств погрузки породы	3
Прусов Д.Е. Факторы влияния глубоких котлованов на прилегающую застройку	7
Шашенко Д.А. Расчет на прочность ленточных целиков	10
Рябичев В.Д., Перепелица Б.А. Шахтные исследования вывалообразований и их классификация	12
Бондаренко М.О., Мечник В.А., Супрун М.В., Панов О.В. Ущільнення алмазовмісних систем із взаємодіючими компонентами для породоруйнівних інструментів	16
Коваленко О.В., Філімоніхін Г.Б. Числове моделювання процесу зрівноваження кульовими автобалансирами дисків ручних шліфувальних машин	20
Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Соболев В.В. Исследование параметров безопасности эмульсий при термических воздействиях и в процессе газогенерации	27
Назаренко В.О., Бруй Г.В., Чемакіна М.В. Моніторинг підготовчих виробок з анкерним кріпленням на шахтах Західного Донбасу	31
Сидоренко В.Д., Куліковська О.Є., Паранько І.С. Маркшейдерсько-геодезичний моніторинг – складова частина створення єдиного геоінформаційного простору Криворізького гірничодобувного регіону	33
Иконников М.Ю. Исследование газодинамических процессов на выемочном участке угольной шахты	40
Радчук Д.І. Вплив температурних умов на фільтрувальні властивості матеріалів	44
Ишков В.В. Кобальт и ванадий в угле основных рабочих пластов Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса	48
Иванченко В.В., Журавель Н.Р., Нестеренко Т.П. Мінерали заліза в сучасному осадку ріки Інгулець	53
Стефанський В.Л., Терешкова О.А., Однороженко Л.Ф. Літолого-петрографічна характеристика туфітів райгородської товщі палеоцену Грузької площі Кіровоградського району	58
Тяпкин О.К. Роль тектонического фактора в перемещении воздушных масс атмосферы при формировании региональной геоэкологической обстановки	64
Моссур А.П. Волновая природа пространства и его многомерность	67
Таран И.А. Сравнение универсальных характеристик объемных и электрических передач как основных элементов трансмиссии дизельного двигателя	70
Савченко А.А., Олишевская В.Е. Определение факторов, влияющих на коэффициент сопротивления качению массивных высокоэластичных шин	73
Титов А.А., Бутов Д.С. Определение рациональных размеров пластинчатого сгустителя заданной производительности	76
Давиденко А.Н., Игнатов А.А. Теоретические предпосылки взаимодействия газожидкостных смесей с продуктами разрушения при очистке скважин	79
Денищенко А.В., Биличенко Ю.Н. О скольжении ведущих колес шахтного локомотива	81
Голишев О.М., Бондарчук О.М. Дослідження стійкості бентонітових композицій на математичних моделях	84
Долгова Т.І., Лаврик М.О. Дослідження процесу вторинного галогенезу ґрунтів у районах локалізації технічних водоемів Західного Донбасу	86
Пілова Д.П., Пілова К.П., Череп А.Ю. Економічна безпека гірничо-збагачувальних підприємств України у вимірі глобалізації	90
Пилипенко Г.М., Литвиненко Н.І. Економічна ментальність українців та проблеми її діагностики у трансформаційній економіці	94
Відомості про авторів	99