

населення, живущее вблизи терриконов. Для улучшения экологической ситуации необходимо отвалы потушить, озеленить, рекультивировать и максимально использовать. Использование породных отвалов принесет не только экологический, но и экономический эффект.

### Библиографический список

1. Панов Б.С., Проскурня Ю.А. Некоторые проблемы экологии Донецкого бассейна // Тез. докл. Межд. Научно-практической конференции «Стратегия выживания и развития Донбасса». – Донецк, 1996. - С. 56.
2. Панов Б.С., Проскурня Ю.А. Модель самовозгорания породных отвалов угольных шахт Донбасса // Геология угольных месторождений (Межвузовский научный тематический сборник) - Екатеринбург, 2002. - С.274-281.
3. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. - М.: Недра, 1991. – 221 с.
4. Леонов П.А., Сурначев Б.А. Породные отвалы угольных шахт. - М.: Недра, 1970. – 112 с.
5. Зборщик М.П., Осокин В.В. Предотвращение самовозгорания горных пород. - К.: Техника, 1990. – 176 с.
6. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах. - М.: Недра, 1991. – 184 с.
7. Панов Б.С., Проскурня Ю.А. Новые виды минерального сырья Донбасса // Матеріали науково-практичної конференції "Донбас-2020: наука і техніка - виробництво". - Донецк: ДонНТУ, 2002. - С. 74-77.

© Соловьева Е.А., Проскурня Ю.А., 2008

УДК 551.46:553

Інж. ТИСЯЧНА О.М. (Український державний геологорозвідувальний інститут, м. Київ)

## РОЗПОВСЮДЖЕННЯ І СКЛАД ЗАЛІЗОМАРГАНЦЕВИХ КОНКРЕЦІЙ ПІВНІЧНО-СХІДНОЇ КОТЛОВИНИ ТИХОГО ОКЕАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВНА ОЦІНКА ЇХ РЕСУРСІВ

Інтенсивне використання промисловістю металів для різних потреб суспільства в останні десятиліття зумовило збільшення їх видобутку, що призводить до швидкого виснаження традиційних родовищ металів на суші. Це і є однією з причин пошуків нових типів можливих родовищ, серед яких все частіше звертають увагу на рудні утворення в океанах – залізо-марганцеві конкреції (ЗМК) та масивні сульфідні руди активних районів океанів [1-4]. ЗМК Тихого океану крім марганцю (в середньому - 25%) і заліза (в середньому - 16%) багаті кобальтом, нікелем, міддю, свинцем, цинком і низкою інших металів (від 0,0п до п,0%), дефіцит яких особливо відчувається зараз в промисловості. За підрахунками 1977 р. конкреції екваторіальної частини Тихого океану покривають площу приблизно 6 млн.км<sup>2</sup> і містять біля 11 млрд.т марганцю, 115 млн.т кобальту, 650 млн.т нікелю і 520 млн.т міді [5], що значно переважає ресурси цих металів із традиційних джерел на суші.

ЗМК є важливим об'єктом, який має не тільки потенційне значення для майбутнього, але і комерційну привабливість уже зараз. В Китаї, Індії, Японії, Південній Кореї, США, Німеччині, Великій Британії, тобто у країнах, де гостро проявляється зараз дефіцит марганцевих руд і низки кольорових металів, повним ходом ведуться наукові, технологічні та промислові дослідження особливостей мінерального та хімічного складу конкрецій, технології вилучення з них різних металів та шляхів відбору ЗМК з морського дна. Свідченням цього є проведений недавно (9-13 березня 2008 р.) в м.Ахені (Німеччина) міжнародний конгрес «Shaping the Future Deep-Sea

Minerals and Mining» [6], де розглядались різні аспекти можливого вилучення дефіцитних для родовищ суші металів з ЗМК.

Як потенційна сировина для металургії ЗМК становлять інтерес і для України. Серйозний підхід до цієї проблеми підтверджується розробленими Державною Геологічною службою України «Концепцією нарощування мінерально-сировинної бази як основи стабілізації економіки України на період до 2010 року» та «Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року», які були ухвалені та затверджені відповідними постановами Кабінету Міністрів України. Ці офіційні документи вказують, що дефіцит мінеральних ресурсів і ускладнення гірничо-технічних умов розробки традиційних родовищ та екологічні проблеми змушують людей шукати альтернативу і в тому числі за рахунок мінерально-сировинного потенціалу морського дна. За названими документами передбачається, що освоєння мінеральних ресурсів Світового океану доцільно проводити, забезпечивши участь України у розробці вже розвіданих ділянок родовищ у районі потенційно рудної структури «Кларіон-Кліппертон», що знаходиться у Тихому океані, закріплених за міжнародною організацією «Інтерокеанметал».

Тихоокеанські глибоководні конкреції представляють собою економічно вигідні стяжіння багаті нікелем, кобальтом, міддю та іншими металами лише в тому випадку, коли їх вміст в руді складає більш ніж 2,5%, а щільність залягання самих конкрецій на дні сягає не менш ніж 5 кг на 1 м<sup>2</sup>. Це означає, що потенційно придатними для розробки можна вважати не більш ніж 5% всіх конкрецій. ЗМК, які мають на сьогодні значення для промисловості, зазвичай знаходяться в центральних акваторіях Тихого океану на глибинах від 4,0 км до більш ніж 5,5 км. Економічно їх вилучення має сенс лише при об'ємах не менше 3 млн.т на рік [1].

Нами проведені дослідження по оцінці потенційних ресурсів дефіцитних для України металів зосереджених в ЗМК, які розповсюджені в межах полігону, розташованого в північно-східній частині Тихого океану і обмеженого трансформними розломами Кларіон і Кліппертон від 12 до 13° п.ш. і від 137 до 138° з.д. (рис. 1). Пробовідбір ЗМК і суміжних донних осадків в цьому полігоні проводився під час одного з рейсів НДС «Морской геолог», головною метою якого був відбір багатотонної технологічної проби ЗМК для напівпромислових досліджень вилучення кольорових металів [7].

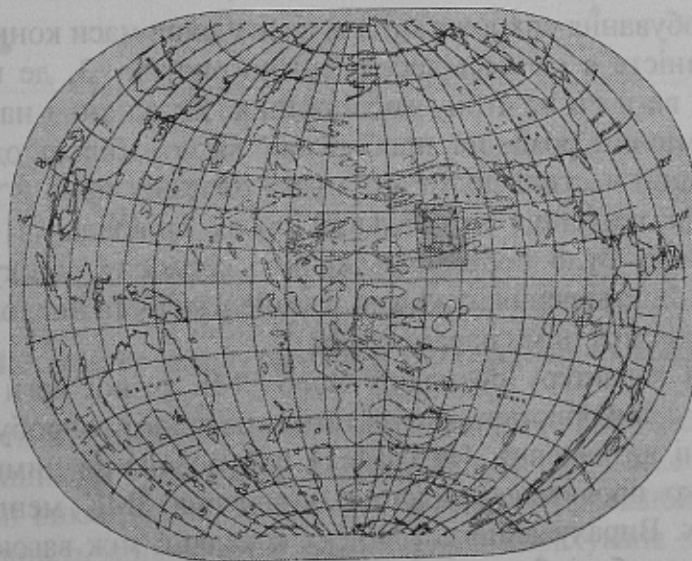


Рис. 1. Карта Тихого океану з відображенням району робіт і характеру розподілу ЗМК (ізоконцентрати проведені за даними [8])

Відбір проб ЗМК і донних осадків на полігоні досліджень проводився в кілька стадій. Після проведення геофізичних досліджень виділено найбільш перспективні за ознаками продуктивності ділянки, де серією безпосередніх випробовувань з допомогою грейферних проб, визначались необхідні для підрахунку ресурсів металів параметри. Спочатку були отримані характеристики рельєфу дна полігону, а згодом, під час спусків грейфера проводилось фотографування дна майбутньої ділянки пробовідбору для оцінки відсотка покриття цієї ділянки ЗМК та визначення продуктивності за трафаретами. Піднята на поверхню грейферна проба використовувалась для визначення маси конкрецій на одиницю площі дна ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ). Таким чином одержана безпосередня оцінка продуктивності ЗМК. Результати цих досліджень використовувались для співставлення результатів аналізу ЗМК і донних осадків в рядових і валових пробах.

За результатами вивчення рельєфу дна в межах полігону було побудовано модель поверхні океанічного дна і карту ізоліній, з яких видно, що рельєф дна в межах полігону неодинаковий (рис. 2), з найбільшими його коливаннями в західній частині району і більш витриманими і рівномірними глибинами в його східній частині.

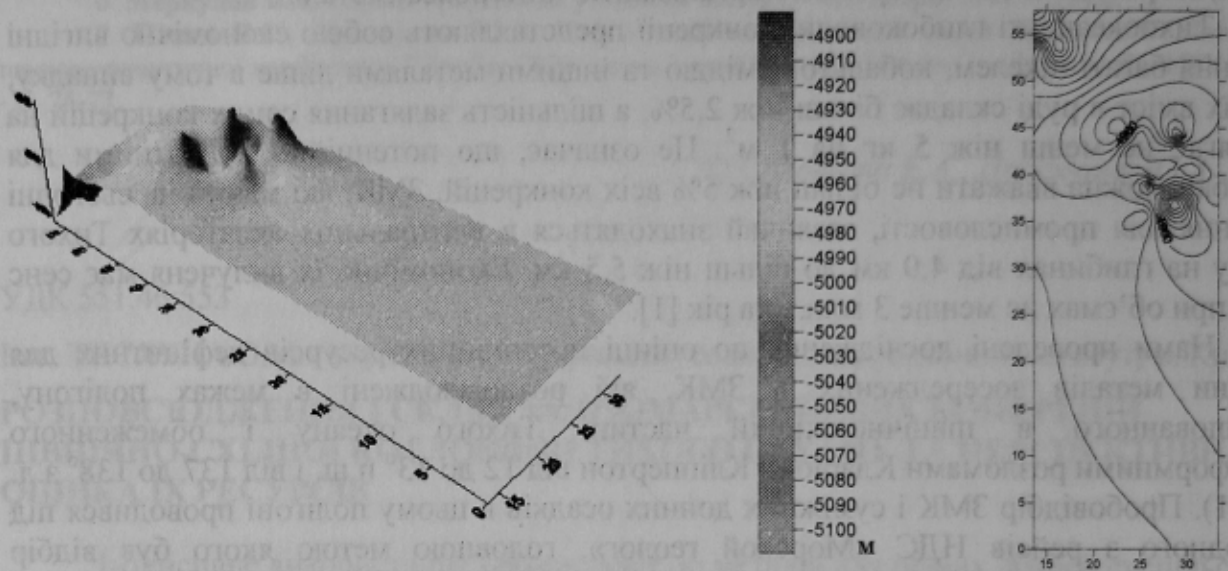


Рис. 2. Характер рельєфу дна океану в межах полігону дослідження

Результати опробування використані для визначення маси конкрецій на одиницю площі дна (продуктивність в  $\text{кг}/\text{м}^2$ ) відображені на рисунку 3, де показано розподіл проб конкрецій різної ваги по полігону дослідження. Як видно з наведеного рисунка, проявляється нерівномірний розподіл проб різної ваги – більш однорідні значення спостерігаються в східній частині полігону, а вага окремих проб в західній частині – значно змінюється. Ця тенденція в загальних рисах співпадає з закономірностями рельєфу полігону, а тому було проведено якісну і кількісну оцінку залежності ваги конкрецій від глибини їх утворення, оскільки раніше уже були висловлені припущення [1] про імовірний зв'язок між цими параметрами.

Для порівняння характеру розподілу проб ЗМК різної ваги в залежності від глибини пробовідбору використані результати тралового опробування, як більш статистично достовірні визначення. На графіку побудовано за цими даними (рис. 4) спостерігається нечітко проявлена тенденція утворення ЗМК меншої ваги в більш глибоководних умовах. Вирахований коефіцієнт кореляції між вагою відібраних проб ЗМК і глибиною їх пробовідбору складає  $-0,22$ , що певною мірою підтверджує виявлену тенденцію. Із цього аналізу можна зробити попередній висновок, що

найбільший ріст конкрецій спостерігається в умовах більш сильно розчленованого рельєфу морського дна.

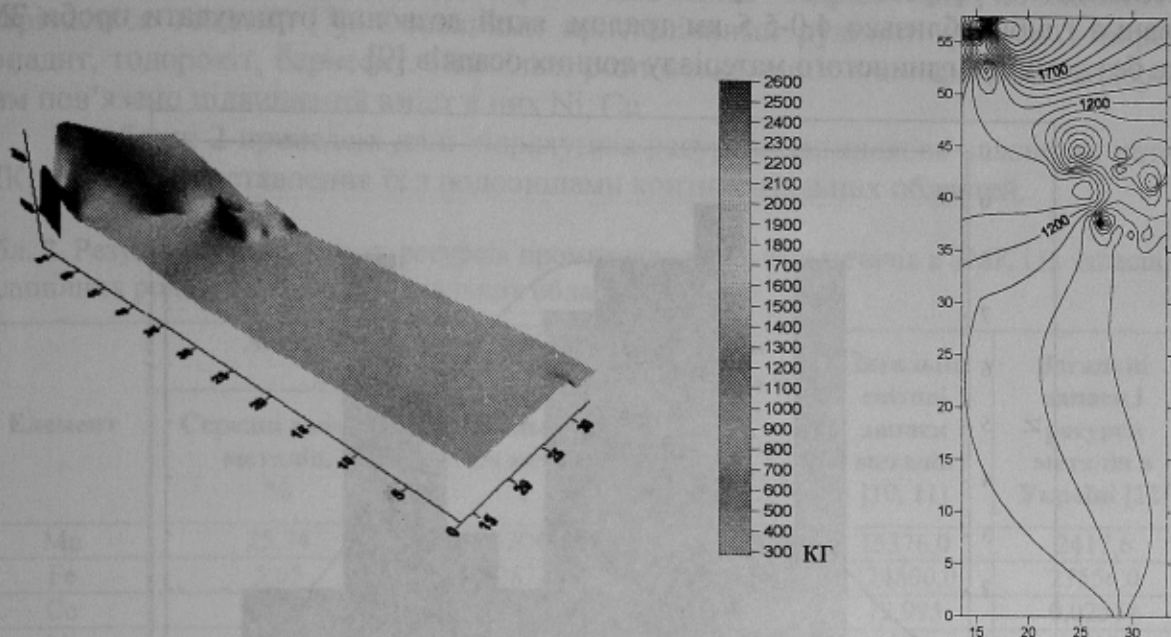


Рис. 3. Варіації ваги окремих взірців на вивченому полігоні

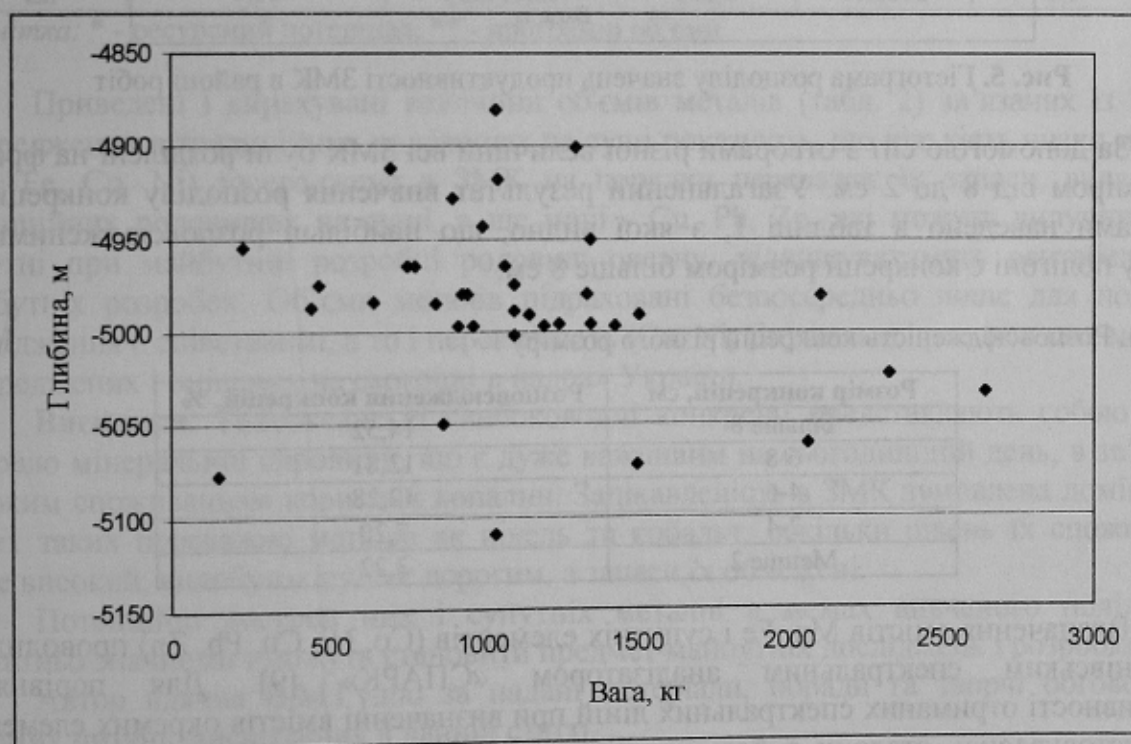


Рис. 4. Характер зв'язку ваги проб ЗМК від глибини пробовідбору

Як показують прямі визначення продуктивності ЗМК по грейферним пробам спостерігається відносно рівномірний їх розподіл по полігону (рис. 5), хоча трапляються окремі виключення, які особливо стосуються найбільших за вагою проб. Середня продуктивність конкрецій в районі робіт вирахована за окремими пробамі складає  $10,25 \text{ кг/м}^2$ . Таким чином загальна вага конкрецій, відібраних на полігоні площею приблизно в  $1369 \text{ км}^2$ , складає  $14032250 \text{ т}$ . Хоча продуктивність оцінювалася в ході досліджень і іншими способами, вони є непрямими і тому тут не обговорюються.

Серед вивчених на даному полігоні ЗМК присутні всі відомі морфологічні відміни конкрецій: таблитчасті, дископодібні (випуклі, плоскі, сплющені і т.і.), веретеноподібні, сфероїдальні і кулясті, а також різні уламки і кірки. Рядові проби відібрані з глибин близько 4,0-5,5 км тралом, який дозволив отримувати проби ЗМК майже без домішок глинистого матеріалу донних осадків [9].

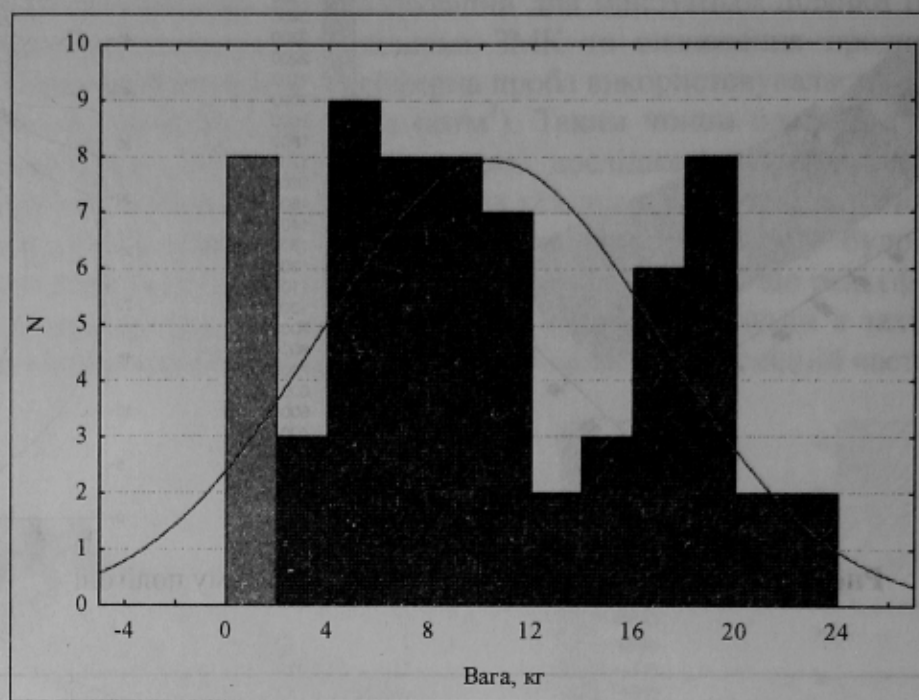


Рис. 5. Гістограма розподілу значень продуктивності ЗМК в районі робіт

За допомогою сит з отворами різної величини всі ЗМК були розділені на фракції за розміром від 8 до 2 см. Узагальнений результат вивчення розподілу конкрецій за розмірами наведено в таблиці 1, з якої видно, що найбільш розповсюдженими на даному полігоні є конкреції розміром більше 8 см.

Табл. 1. Розповсюдженість конкрецій різного розміру

Розмір конкрецій, см	Розповсюдження конкрецій, %
Більше 8	14,52
6-8	12,81
4-6	12,28
2-4	7,20
Менше 2	3,22

Визначення вмістів Mn, Fe і супутніх елементів (Co, Ni, Cu, Pb, Zn) проводилось рентгенівським спектральним аналізатором «СПАРК» [9]. Для порівняння інтенсивності отриманих спектральних ліній при визначенні вмістів окремих елементів використовувались еталони з багатократним визначенням вмістів цих аналізованих елементів незалежними методами. Для введення поправок проводились контрольні заміри інтенсивностей в еталонних зразках через кратну кількість замірів вмістів елементів в робочих зразках.

Головними елементами ЗМК є марганець і залізо, з якими і пов'язані такі метали як нікель, кобальт, мідь, а також цинк і свинець. Отриманні результати аналізів дозволили вирахувати середні вмісти аналізованих металів в ЗМК (табл. 2) та оцінити їх об'єми, як потенційне джерело майбутнього видобутку дефіцитних уже на сьогодні металів.

Серед мінералів марганцю в ЗМК зустрічаються різновиди псиломелану (вернадит, рансєїт), гідрооксиди і оксиди марганцю (тодорокіт, бернесит), піролюзит, криптомелан, асболан, бузерит, а з гідрооксидів заліза – гідрогематит, і в змінених ЗМК зустрічається гематит [7]. Основними кристалічними рудними фазами конкрецій є вернадит, тодорокіт, бернесит. Найбільш розповсюдженим в конкреціях є тодорокіт, з яким пов'язано підвищений вміст в них Ni, Cu.

В таблиці 2 приведені дані підрахунків ресурсів промислово важливих металів в ЗМК, а також співставлення їх з родовищами континентальних областей.

Табл. 2. Результати підрахунків ресурсів промислово важливих металів в ЗМК і їх запасів в традиційних родовищах континентальних областей, (млн.т)

Елемент	Характеристика площі дослідження		Об'єм металів в межах Світового океану [1, 3, 13]	Загальні світові запаси металів [10, 11]	Загальні запаси і ресурси металів в Україні [12]
	Середні вмісти металів, %	Загальний об'єм металів, т			
Mn	25,74	361330437,5	6000,0	15376,0	2417,6
Fe	5,65	79282212	-	424800,0	27556,0
Co	0,21	2946772,5	450,0	12,995	0,0255*
Ni	1,27	17820957	6858,0	157,0	0,353*
Cu	1,03	14453217	700,0	1122,714	1,0**
Pb	0,03	420967,5	-	203,6	5,5*
Zn	0,13	1824192,5	140,0	442,672	3,5*

Примітка: \* - ресурсний потенціал, \*\* - програмні об'єми

Приведені і вираховані величини об'ємів металів (табл. 2) зв'язаних із ЗМК і зосереджених в традиційних родовищах на суші показують, що кількість низки металів (Mn, Fe, Co, Ni) зосереджена в ЗМК на порядки переважає їх запаси, виявлені в традиційних родовищах на суші, а ще інші - Cu, Pb, Zn, які можуть вилучатись як супутні при майбутній розробці родовищ океану, підвищуватимуть рентабельність майбутніх розробок. Об'єми металів підраховані безпосередньо лише для полігону дослідження є співставимі, а то і переважають (Co, Ni, Cu) запаси і ресурси цих металів, зосереджених і оцінених на сьогодні в надрах України.

**Висновки.** Тихоокеанські глибоководні конкреції представляють собою цінне джерело мінеральної сировини, що є дуже важливим на сьогоднішній день, в зв'язку з високим споживанням корисних копалин. Зацікавленість в ЗМК зумовлена домішками в них таких переважно металів як нікель та кобальт, оскільки рівень їх споживання дуже високий, видобуток руди є дорогим, а запаси їх обмежені.

Потенційні ресурси цих і супутніх металів в межах вивченого полігону є достатньо значними і можуть становити предмет майбутніх досліджень і розробки.

Автор вдячна В.М.Гулію за надані матеріали, поради та творчі обговорення окремих питань, висвітлених в данній статті.

### Бібліографічний список

1. Кронен Д. Подводные минеральные месторождения. - М.: Мир, 1982. - 392 с.
2. Мери Дж. Минеральные богатства океана. - М.: Прогресс, 1969. - 440 с.
3. Шнюков Е.Ф., Белодед Р.М., Цемко В.П. Полезные ископаемые Мирового океана. - Киев: Наукова думка, 1979. - 159 с.
4. Грамберг И.С., Айнемир А.И. Гидротермальные сульфидные руды и металлоносные осадки океана. - СПб.: Недра, 1992. - 278 с.
5. Силкин Б.И. Не переоценить сокровища Нептуна // Природа. - 2001. - № 5. - С. 53-54.

6. Koschinsky A. Ferromanganese Nodule Deposits: Distribution, Composition and Origin // Shaping the Future Deep-Sea Minerals and Mining 2008, Aachen-Germany, 2008. – P. 17-20.
7. Гулій В.М. Особливості морфології і складу залізомарганцевих конкрецій та механізм їх утворення (район Кларіон-Кліппертон, Тихий океан) // Геолог України. - 2004. - № 3. – С. 61-71.
8. Piper A., Swint-Iki, McCoy B. Distribution of ferromanganese Nodules in the Pacific Ocean // Chem. Erde. - 1987. – 46. Heft. ½. - P. 171-184.
9. Guliy V. M., Tysiachna O.M. Peculiarities of morphology and composition of the ferromanganese nodules of Clarion-Clipperton region (Pacific Ocean), and possible mechanism of their formations // Shaping the Future Deep-Sea Minerals and Mining, 2008, Aachen-Germany, 2008. – P. 2-3.
10. Иващенко В., Иващенко О. Кобальт. Металл – фокусник // Metallurgicheskii Kompas Украина – Мир, 2006. - № 4. - С. 56–67.
11. Минеральные ресурсы мира. - М.: ИАЦ «Минерал», 2006. - Т.І. Статистический справочник на 01.01.2005 г. и на 01.01.2006 г. – 358 с.
12. Третьяков Ю.І., Мартинюк В.І., Субботін А.Г. та ін. Мінеральні ресурси України та світу на 01.01.2006 р. // Державне науково-виробниче підприємство „Геоінформ України”. – Київ, 2007. – 560с.
13. Железомарганцевые конкреции Мирового океана. - Л.: Недра, 1984. – 175 с.

© Тисячна О.М., 2008

УДК 549:669.181.28

Інж. ТИРИШКІНА С.М. (Криворізький технічний університет)

## ВПЛИВ КАЛЬЦІЄВИХ СИЛІКАТІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ І ЗБАГАЧЕННЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКУ

**Постановка проблеми.** Незважаючи на великий вміст заліза в шлаках металургійного виробництва та багаторазову повторну переробку і збагачення, обсяги шлакових відвалів на підприємствах чорної металургії України не скорочуються. Однією з причин такого становища є незадовільна збагачуваність і низькі обсяги використання продуктів шлакопереробки [1, 2]. На думку автора, це пов'язано з незадовільним станом мінералогічного вивчення накопичених у відвалах відходів, особливо з відсутністю даних про взаємовідношення між численними мінералами заліза та мінералами класу силікатів.

**Мета роботи** полягає у встановленні ознак мінералів класу силікатів, які можуть впливати на ефективність збагачення, переробки і використання вторинної залізорудної сировини.

У публікації наведено результати вивчення відвалів мартенівських і конвертерних шлаків Криворізького металургійного комбінату, з використанням мікроскопічних досліджень полірованих і прозорих шліфів, рентгеноструктурного аналізу. Об'єктами дослідження були найбільш поширені нерудні мінерали шлаку - кальцієві силікати. Вказані мінерали складають від 10 до 50% вивчених шлаків і мають значний вплив на їх технологічні властивості.

**Результати досліджень.** Група кальцієвого силікату у вивчених шлаках складається з кількох мінералів [3]. За кристалооптичними характеристиками і даними рентгеноструктурного аналізу у складі групи виявлено: ларніт  $\alpha$ - $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  мон.;  $\beta$ - $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  ромб., рефлекси на дифрактограмі 2,795; 2,744; 2,608-2,188; 2,731-2,716; 2,876 Å; аліт  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ , гекс.; та  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ , трикл. рефлекси на дифрактограмі 2,788; 2,616; 3,042; 2,756; 2,737 Å.

Вони утворюють різноманітні за формою кристали: видовжені, таблитчасті, дископодібні, коротко стовбчасті, ізометричні гексагональні індивіди і ін. Поширені прості (у видовжених кристалах) і полісинтетичні (у таблитчастих і ізометричних) двійники (рис. 1-3).