

Рис. 1. Рекомендована технологічна схема збагачення некондиційних гематитових руд

тів другого прийому гвинтової сепарації.

Рукопис подано до редакції 25.03.14

УДК 622.271.45

В.Г. БЛИЗНЮКОВ, д-р техн. наук, проф., И.В. БАРАНОВ, канд. техн. наук, С.А. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

## КОМБИНИРОВАННОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОПАДАЮЩИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведены условия внутрикарьерного размещения вскрышных пород при совместном безопасном ведении отвальных и горных работ. Установлена рациональная область применения комбинированного (внешнего и внутреннего) и только внутреннего отвалообразования в сравнении с традиционным способом размещения вскрышных пород (внешнее отвалообразование).

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Горно-обогатительные комбинаты (ГОК), осуществляют добычу бедных железных руд открытым способом. Характерной особенностью этого способа является необходимость извлечения больших объемов вскрышных пород, требующих значительных затрат на их размещение в отвалах. При этом происходит постоянное отчуждение плодородной земли для размещения вскрышных пород.

В подавляющем большинстве вскрышные породы при разработке крутопадающих железорудных залежей длительное время размещались за конечными контурами карьеров (внешние отвалы). После многолетнего периода разработки месторождений, появилась возможность складировать вскрышные породы в выработанном пространстве карьера (внутренние отвалы). При возможности сегодня преимущество отдается внутреннему отвалообразованию. Ограничениями его применения являются только технические возможности и законодательство.

В настоящее время практически все внешние отвалы ГОКов уже занимают проектную площадь и исчерпывают возможности по дальнейшему размещению пустых пород. Увеличение объемов выемки вскрыши обуславливает необходимость поиска решения по расширению действующих отвалов или поиск мест для размещения новых.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросам размещения вскрышных пород при разработке крутопадающих месторождений полезных ископаемых всегда уделялось большое вни-

Рекомендована схема дозволяє не тільки отримати концентрат потрібної якості, а і організувати сухе складування хвостів з повним водообертом, що в умовах шахт є дуже актуальним.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Технологічні випробування показали, що некондиційна гематитова руда крупністю 0,63-0 мм може успішно збагачуватися гравітаційним методом.

При цьому можливо отримати високоякісний заліззовмісний концентрат.

Як збагачувальний апарат використали гвинтові сепаратори, не маючих частин, що рухаються, не простоюють із-за механічних неполадок і займають малу площу.

Подальші дослідження потрібно направити на залучення до переробки хвос-

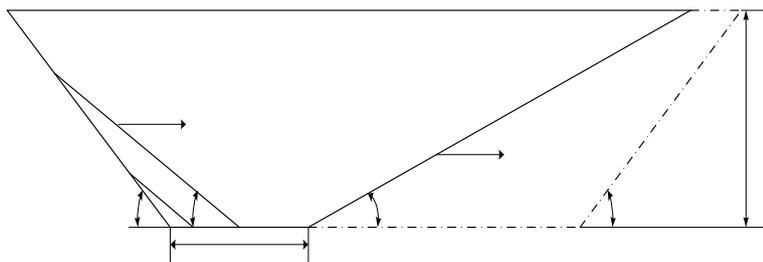
вание. Проводились исследования по потребности земельных площадей для размещения вскрышных пород во внешних отвалах [1,2]. На основе определения устойчивого состояния отвальных массивов выполнялись исследования по определению параметров и последовательности внешнего отвалообразования как для группы карьеров, так и для группы отвалов и разрабатывались методики определения места размещения отвалов [3-10]. Решались вопросы связанные с размещением вскрышных пород при использовании отработанных карьеров и исследовалась взаимосвязь объемов внешних и внутренних отвалов при разработке крутопадающих залежей [11-21]. На основе оценки вредного воздействия горных работ на окружающую среду были предложены технологические схемы отвалообразования при внутрикарьерном складировании вскрышных пород [22,23].

**Постановка задач.** В современных условиях разработки железорудных месторождений все большую актуальность приобретает вопрос размещения вскрышных пород извлекаемых в карьерах при добыче полезных ископаемых.

Целью работы является определение вариантов размещения вскрышных пород и условий внутрикарьерного их размещения в выработанном пространстве действующих карьеров с соблюдением совместного безопасного ведения горных и отвальных работ.

**Изложение материалов и результаты.** Анализ горно-геологических и горно-технологических условий отработки карьеров показывает, что существует возможность применения внутрикарьерного складирования вскрышных пород (частично или полностью) при обосновании технологии и параметров внутреннего отвалообразования во взаимосвязи с режимом горных работ в карьере.

При постановке рабочих уступов одного из бортов карьера на проектное положение и достижении проектной отметки дна появляется возможность внутрикарьерного размещения вскрышных пород с одновременным развитием горных работ в рабочей зоне карьера (рис. 1).



**Рис. 1.** Границы карьерного поля на момент возможного начала строительства внутреннего отвала

Условием нормальной работы карьера с внутренним отвалообразованием является: обеспечение заданной производительности карьера по руде;

объем внутреннего складирования пустых пород должен быть таким, чтобы скорость горизонтального подвигания отвального борта карьера не превышала скорости горизонтального подвигания горных работ.

Из этого условия определены параметры технологии отсыпки внутренних отвалов, в частности, формирования первой отвальной площадки каждого яруса ( $B_{омв.н}$ ), которая определяется по формуле, м

$$B_{омв.н} = b_{б} + b_{о.н}, \quad (1)$$

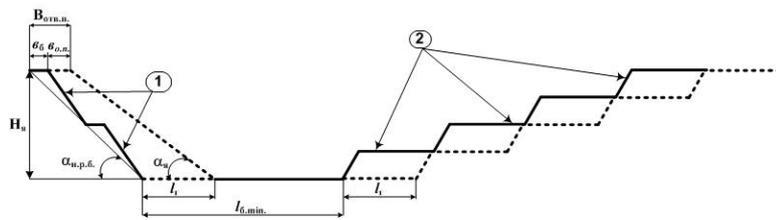
где  $b_{б}$  ширина бермы безопасности (транспортной бермы), м;  $b_{о.н}$  ширина отсыпаемой площадки, м

$$b_{о.н} = ((ctg\alpha_{н.р.б} \cdot H_{я}) + l_{г}) - (ctg\alpha_{я} \cdot H_{я}) - b_{б}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{н.р.б}$  угол нерабочего борта карьера, град.;  $H_{я}$  - высота яруса, м;  $l_{г}$  - скорость подвигания горных работ в карьере, м/год;  $\alpha_{я}$  - угол откоса яруса, град.

Минимальное расстояние между зонами ведения отвальных и горных работ в карьере ( $l_{б.мин}$ ) определяется минимальной величиной раскатывания кусков отвальной массы по горизонтальной площади при выполнении всех необходимых предохранительных мероприятий.

Схематически условия размещения вскрышных пород во внутреннем отвале при совместном ведении горных работ в карьере представлены на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема начала отсыпки яруса отвала при совместном ведении отвальных и горных работ в карьере: 1 – нерабочий борт карьера; 2 – рабочий борт

В соответствии с методикой определения грузопотоков вскрышных пород [6,7] на внешние отвалы ГОКа принимаем выбранный наилучший вариант размещения вскрышных пород на внешних отвалах, который обеспечивает наименьшие затраты на выполнение вскрышных работ. Исследуем, с учетом наилучшего варианта размещения вскрышных пород на внешних отвалах, применение комбинированного размещения вскрышных пород от начала формирования внутреннего отвала до полного размещения объемов вскрышных пород в пространство карьера.

При определенных минимальных параметрах начала отсыпки внутреннего отвала выполняется размещение вскрышных пород в выработанное пространство карьера с последующим увеличением приемной способности ярусов внутреннего отвала. Увеличение емкости отвальных ярусов происходит по мере подвигания горных работ в рабочей зоне карьера, которое приводит к увеличению карьерного пространства в нерабочей зоне карьера.

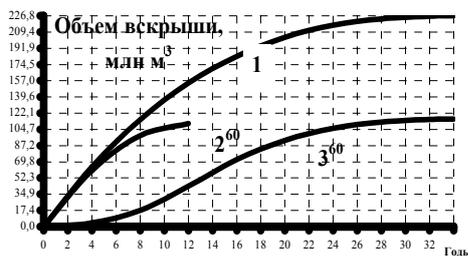
Распределение объемов вскрышных пород в вариантах применения только внешнего отвалообразования и комбинированного приведено в табл. 1.

Таблица 1

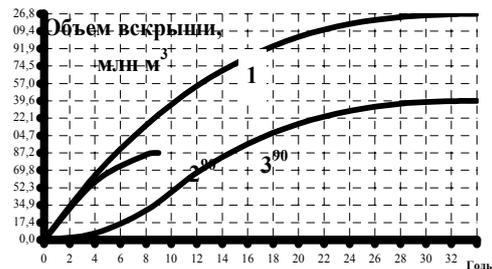
Динамика объемов вскрышных пород по вариантам их размещения, млн м<sup>3</sup>

Период, лет	Внешние отвалы	Комбинированное			
		высота яруса 60 м		высота яруса 90 м	
		внешние отвалы	внутренний	внешние отвалы	внутренний
4	64,5	60,4	4,1	58,0	6,5
8	115,2	97,8	17,4	85,6	29,6
12	154,5	111,0	43,5	87,0	67,4
16	183,3	-	72,3	-	96,2
20	203,6	-	92,6	-	116,5
24	216,6	-	105,6	-	129,5
28	223,5	-	112,5	-	136,5
32	226,4	-	115,4	-	139,3
34	226,8	-	115,8	-	139,8

Наглядно такое распределение по вариантам размещения вскрышных пород представлено на рис. 3 и 4.



**Рис. 3.** Динамика объемов вскрышных пород при внешнем отвалообразовании (1) и комбинированном с высотой яруса внутреннего отвала 60 м: 2<sup>60</sup> – на внутренний отвал; 3<sup>60</sup> – на внешние отвалы



**Рис. 4.** Динамика объемов вскрышных пород при внешнем отвалообразовании (1) и комбинированном с высотой яруса внутреннего отвала 90 м: 2<sup>90</sup> – на внутренний отвал; 3<sup>90</sup> – на внешние отвалы

Необходимо отметить что, как при высоте яруса внутреннего отвала 60 м, так и при высоте яруса 90 м внутренний отвал имеет высоту 360 м (исходя из геометрических параметров исследуемого карьера).

В первом варианте задействовано 6 ярусов, во втором - 4 яруса внутреннего отвала.

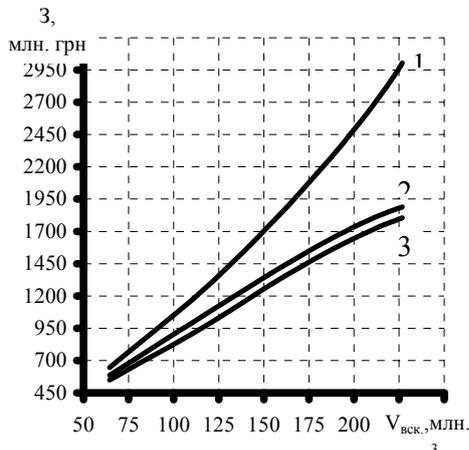
По представленным графикам видно, что при применении комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 60 м (см. рис. 3) эксплуатация внешних отвалов прекращается на 12 год.

Во внешние отвалы размещается 111 млн м<sup>3</sup> (48,9 %), во внутренний - 115,8 млн м<sup>3</sup> (51,1 %) вскрышных пород.

При применении варианта комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 90 м (см. рис. 4) эксплуатация внешних отвалов прекращается в 9 году.

Во внешние отвалы размещается 87,1 млн м<sup>3</sup> (38,4 %), а во внутренний - 139,7 млн м<sup>3</sup> (61,6 %) вскрышных пород.

Изменение затрат на выполнение вскрышных работ (с учетом негативного воздействия на окружающую среду) представлено на рис. 5.



**Рис. 5.** Изменение затрат на вскрышные работы по вариантам размещения вскрышных пород: 1 – внешнее отвалообразование; 2 – комбинированное с высотой яруса внутреннего отвала 60 м; 3 - комбинированное с высотой яруса внутреннего отвала 90 м

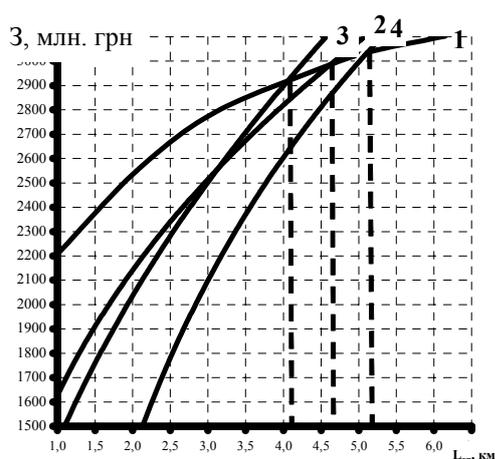
Наглядно из графика можно сделать вывод, что при применении комбинированного отвалообразования по сравнению с внешним размещением вскрышных пород затраты на выполнение вскрышных работ могут быть снижены на 37-40 %.

В данном случае затраты на выполнение вскрышных работ при применении только внешнего отвалообразования примем как максимально-допустимое значение и исследуем, в каких пределах и при каких параметрах возможно применение комбинированного размещения вскрышных пород.

Так как уже определены такие параметры, как объемы вскрышных пород на отвалы, приемная способность отвалов, минимальное расстояние от начала размещения этих пород во внутреннем отвале и рабочей зоной карьера, конструктивные параметры внутреннего отвала (высота ярусов, высота отвала, ширина отвальных площадок), определим, при каком средневзвешенном расстоянии транспортирования вскрышных пород на внутренний отвал будут достигаться максимальные затраты на выполнение вскрышных работ.

В этой связи исследуем еще вариант размещения вскрышных пород только во внутреннем отвале, если допустим, что выработанное пространство карьера позволяет размещать весь годовой объем этих пород в этом отвале.

Изменение затрат на выполнение вскрышных работ в зависимости от средневзвешенного расстояния транспортирования вскрышных пород на внутренний отвал представлено на рис. 6.



**Рис. 6.** График зависимости затрат на выполнение вскрышных работ от средневзвешенного расстояния транспортирования вскрышных пород по вариантам их размещения: 1 – только внешнее отвалообразование; 2 – комбинированное с высотой яруса внутреннего отвала 60 м; 3 - комбинированное с высотой яруса внутреннего отвала 90 м; 4 – только внутреннее отвалообразование

Как видно из графика, равенство затрат на выполнение вскрышных работ при варианте применения комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 60 м достигается при значении средневзвешенного расстояния 4,65 км, при варианте применения комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 90 м – 4,1 км.

При применении варианта размещения вскрышных пород только во внутреннем отвале такое равенство достигается при значении средневзвешенного расстояния 5,2 км.

Таким образом, при исследовании вариантов размещения вскрышных пород площадь, отводимая под основание отвалов при внешнем отвалообразовании, составляет 340,3 га.

В варианте применения комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 60 м эта площадь составляет 166,4 га, а варианте применения комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 90 м – 130,6 га.

За период размещения вскрышных пород в отвалах экологический ущерб (отчуждение площадей, плата за размещение этих пород, плата за загрязнение атмосферы) при применении только внешнего отвалообразования составляет более 220 млн грн.

При применении комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 60 м этот ущерб составляет чуть менее 110 млн грн, а при применении комбинированного отвалообразования с высотой яруса внутреннего отвала 90 м – до 85 млн грн.

#### *Список литературы*

1. Семенов А. П. Технология отсыпки отвалов в зонах обрушения / А. П. Семенов, С. М. Новожилов, В. И. Сербин, Л. Н. Воронов // Разраб. рудн. месторжд., 1981. – Вып.31. – С.64–67.
2. Михайлов А. М. Влияние основных параметров и схем отвалообразования на эффективность использования земельного отвода / А.М. Михайлов, А. Г. Темченко, В. Г. Щека, П. С. Трушин // Разраб. рудн. месторжд., 1983. – Вып.35. – С.69–74.
3. Николашин Ю. М. Методика контроля состояния устойчивости отвалов в сложных горнотехнических условиях / Ю. М. Николашин, Ю. Н. Куцый, Н. В. Гайдукова // Разраб. рудн. месторжд., 2004. – Вып.85. – С.134–137.
4. Несмашный Е. А. Определение оптимальной высоты отвальных ярусов для железнодорожных отвалов ОАО «СевГЭК» / Е. А. Несмашный, В. П. Бицюк // Разраб. рудн. месторжд., 2004. – Вып.85. – С.138–140.
5. Несмашный С. О. Збільшення ємності зовнішніх відвалів Інгулецького гірничо-збагачувального комбіната / С. О. Несмашний, В. С. Кравець, Г. І. Ткаченко // Вісник Криворізького технічного університету: Кривий Ріг, 2005. – Вип.9. – С.7–9.
6. Близиуков В. Г. Определение места отвалообразования группы карьеров в системе ГОКа / В. Г. Близиуков, И. В. Баранов // Научное обеспечение совершенствования методов производства открытых и подземных горных работ : Сб. научн. трудов. – Кривой Рог. – 2009. – С.3–11.
7. Близиуков В. Г. Методика определения места размещения вскрышных пород и последовательности отвалообразования группы карьеров / В. Г. Близиуков, И. В. Баранов // Міжнародна конференція «Форум гірників–2009». – Днепропетровск: НГУ, 2009. – С.34–41.
8. Яценко Б. Е. Выбор места расположения и расчет параметров отвалов для современных условий разработки Петровского и Артемовского месторождения / Б. Е. Яценко, Е. К. Бабец, И. В. Баранов [та ін.] // Міжнародна конференція «Форум гірників–2009». – Днепропетровск: НГУ, 2009. – С.145–154.
9. Баранов И. В. О возможностях размещения вскрышных пород группы карьеров в системе ГОКа / И. В. Баранов // Вісник Криворізького технічного університету : Зб. наук. праць. – 2010. – Вип. 26. – С. 35–40.
10. Баранов И. В. Определение экономической целесообразности производительности группы отвалов горнообогатительного комбината / И. В. Баранов // Разраб. рудн. месторжд. – Кривой Рог, 2006. – Вып. 90. – С.36–40.
11. Повный Б. Е. Размещение отвалов вскрышных пород в отработываемых карьерах/ Б. Е. Повный, В. Е. Киковка, О. А. Ословский // Разраб. рудн. месторжд. Респ. межведом. научн.-техн. сб., 1983. – Вып.35. – С.78–81.
12. Михайлов А. М. Засыпка глубоких карьеров драглайнами / А. М. Михайлов, В. А. Ковалевский, А. В. Максимов, Н. Д. Кучма // Разраб. рудн. месторжд. Респ. межведом. научн.-техн. сб.. – 1991. – Вып.51. – С.65–68.
13. Романенко А. В. Особенности складирования скальных пород в глубоких карьерах Кривбасса / А. В. Романенко, А. Г. Черный, Ю. М. Николашин // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. – № 5. – С.78–80.
14. Симоненко В. И. Определение области применения на нерудных карьерах технологии поэтапной разработки с внутрикарьерным складированием отходов горного производства / В. И. Симоненко // Разработка рудных месторождений : Научн.-техн. сборник. – 2004. – Вып.85. – С.150–153.
15. Николашин Ю. М. Одноярусное внутреннее отвалообразование полускальных пород при ликвидации карьеров / Ю. М. Николашин, Б. И. Римарчук, П. С. Трушин // Разраб. рудн. месторжд., 2006. – Вып.1 (90). – С.14–16.
16. Шапарь А. Г. Малоотходная технология открытой разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием, уменьшающая отчуждение земель под отвалы / А. Г. Шапарь, В. Т. Лашко, А. В. Романенко, В. Е. Киковка // Разработка территориальных комплексных схем охраны природы для горнодобывающих районов. – Миасс, 1985. – С.29–30.
17. Трушин П. С. Складирование вскрышных пород в отработанные глубокие карьеры / П. С. Трушин, Г. А. Егоров, С. П. Полторащенко, С. Ю. Николашин // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск. – 2008. – № 7 (252). – С.27–29.
18. Луценко С. А. Технология внутреннего отвалообразования при поэтапной обработке глубоких месторождений / С. А. Луценко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників–2006»: Днепропетровск: НГУ, 2006. – С.218–222.
19. Просандеев Н. И. Взаимосвязь объемов внутренних и внешних отвалов при разработке крутопадающих залежей / Н. И. Просандеев // Разраб. рудн. месторжд., 1980. – Вып.29. – С.72–79.
20. Просандеев Н. И. Определение основных параметров внутренних отвалов / Н. И. Просандеев // Разраб. рудн. месторжд., : Респ. межведом. научн.-техн. сборник., 1982. – Вып.33. – С.81–88.

21. **Близиюков В. Г.** Определение параметров комбинированного отвалообразования на железорудных карьерах / **В. Г. Близиюков, И. В. Баранов** // Мониторинг та мінімізація негативного впливу господарської діяльності залізорудних підприємств України на навколишнє природне середовище: Зб.наук.праць. – Кривий Ріг: ДП «ДНДГРІ», 2010. – С. 87–89.

22. **Близиюков В. Г.** Технологические схемы отвалообразования при внутрикьерном складировании вскрышных пород на железорудных карьерах / **В. Г. Близиюков, Б. Е. Яценко, И. В. Баранов [и др.]** // Міжнародна конференція «Форум гірників–2006». – Днепропетровск: НГУ. – 2006. – С.119–123.

23. **Баранов И. В.** Оценка вредного воздействия горных работ на окружающую среду при применении различных способов отвалообразования на железорудных карьерах // Міжнародна конференція «Форум гірників–2007». – Днепропетровск: НГУ, 2007. – С.215–222.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.14

УДК622.7: 622.794

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, проф., А.В. ВАСИЛИШИНА магістрант  
Криворізький національний університет

## **ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ «ЧЕРВОНИХ» ШЛАМІВ НА ПРЕДМЕТ ОТРИМАННЯ ЗАЛІЗОКИСНИХ ПІГМЕНТІВ**

Виконано аналіз ринку алюмінію, стану алюмінієвої промисловості України і світу. Показано на шкідливий вплив відходів глиноземного виробництва відносно стану навколишнього середовища і здоров'я людини. Проаналізовано існуючі методи переробки відходів глиноземного виробництва. Приведено результати хімічного і гранулометричного аналізів червоного шламу «Миколаївського глиноземного заводу». Викладено результати досліджень ІЧ-спектроскопії і рентгенофазового аналізу. Надано результати мінералогічного складу червоного шламу. Показано наявність у червоному шламі заліза і рідкоземельних металів. Визначено можливість отримання залізоокисного пігменту методами гідроциклонування та прожарювання. Отримано результати гідроциклонування червоного шламу по граничній крупності зерна 0,02 мм. Розроблено технологію, що передбачає підвищення однорідності дисперсного складу отриманого залізоокисного пігменту, вмісту заліза з 39 до 53%, зменшення масової частки сульфідної сірки до 0,4%.

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами.** Одним з перспективних напрямків формування кольорової промисловості України є розвиток її головної галузі - алюмінієвої промисловості. Сьогодні ринок алюмінію поступається в обсязі лише ринку сталі, і попит на легкий метал постійно збільшується. Світові ресурси бокситів, основної сировини алюмінієвої промисловості, геологічна служба США оцінює в 55 - 75 млрд. т. При цьому в світі всього сім бокситоносних районів: західна і центральна Африка (основні поклади в Гвінеї); Південна Америка (Бразилія, Венесуела, Сурінам); Карибський регіон (Ямайка); Океанія і південь Азії (Австралія, Індія); Китай; Середземномор'ї (Греція і Туреччина) і Урал (Росія). Основні родовища бокситів високої якості, з вмістом глинозему не менш ніж 50%, вже розподілені між найбільшими учасниками галузі. Іншим компаніям залишається купувати глинозем на відкритому ринку і бути цілком залежними від ринкового коливання цін [1].

Україна у світовій алюмінієвій промисловості є одним з великих виробників і експортерів алюмінію, а також великим потенційним споживачем кредитних ресурсів для цілей модернізації та розвитку виробництва. Алюмінієва промисловість України представлена найбільшим у Європі ТОВ «Миколаївським глиноземним заводом», який працює на привозних бокситах, забезпечує глиноземом ПАТ «Запорізький алюмінієвий комбінат» (ЗАЛК). Також, потужними виробниками є Артемівський завод з обробки кольорових металів та українсько-іспанське СП "Інтерсплав" (Свердловськ, Луганської області).

Слід зазначити, що в Україні є власні алюмінієві ресурси. Однак запаси бокситів на території України незначні. Промислове значення мають лише родовища Смілянське (Черкаська обл.) і Високопольське (Дніпропетровська обл.). Родовища бокситів відкриті, але до кінця не розвідані на півдні Дніпропетровської області, в Приазов'ї, Карпатах, оскільки неконкурентоспроможні із завезеною сировиною (з Гвінеї, Австралії, Бразилії).

Тому особливої уваги набуває техногенна сировина українських підприємств з виробництва глиноземів.