

УДК 553.3/9

АЗАРЯН А.А., д.т.н., проф., ЦЫБУЛЕВСКИЙ Ю.Е., к.т.н.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

*Проаналізовано техногенні джерела альтернативних корисних копалин. Виявлена економічна доцільність отримання колективних концентратів, мінералів, що містять рідкісні метали. Докладно розглянуті методи виділення зазначених мінералів з рудного потоку, а також відвалів і хвостів збагачувальних фабрик для подальшого збагачення із застосуванням спеціальних методів.*

*Проанализированы техногенные источники альтернативных полезных ископаемых. Выявлена экономическая целесообразность получения коллективных концентратов, минералов, содержащих редкие металлы. Подробно рассмотрены методы выделения указанных минералов из рудного потока, а так же отвалов и хвостов обогатительных фабрик для последующего обогащения с применением специальных методов.*

*Analyzed technological alternative sources of minerals. Spotted an economic feasibility receiving bulk concentrates, minerals containing rare metals. Discussed in detail methods of allocation of these minerals from the ore flow, as well as tailings dumps and concentrators for further enrichment using special techniques.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** За 125 лет эксплуатации рудных месторождений Кривбасса образовались породные отвалы и шламохранилища, содержащие более 40 полезных минералов, Но для того, чтобы подвергнуть их соответствующим методам обогащения необходимо предварительно выделить эти минералы из общего рудного потока.

**Постановка задачи.** Задачей исследования является рассмотреть существующие методы разделения минералов и определить наиболее перспективные для конкретных минеральных комплексов.

Вопросы комплексного использования минерального сырья и утилизации различных отходов с каждым годом привлекают все большее внимание науки и практики. Одним из важнейших разделов современной геоэкологии является повышение уровня безотходности технологических процессов, максимальное использование всех видов природного сырья при минимальном ущербе окружающей среде. В регионах, где добывающие отрасли являются ведущими, за многие десятилетия скопилось большое количество отходов угледобычи, углеобогащения, теплоэнергетики,

железорудной промышленности, черной и цветной металлургии, ежегодно образуется большая масса отходов строительной индустрии, агропромышленного комплекса, в том числе крупных животноводческих комплексов, а также бытовых отходов. Под этими отходами занято тысячи гектаров земель. Отвалы горных пород, шламонакопители, бытовые свалки стали постоянными источниками загрязнения атмосферы, водоемов и подземных вод регионов. Решение проблемы комплексного использования минерального сырья и утилизации промышленных и бытовых отходов — это сокращение площадей нарушенных ландшафтов и подработанных земель, снижение загрязнения атмосферного воздуха, особенно взвешенными веществами, уменьшение поступления в водоемы техногенных вредных веществ, предотвращение загрязнения почв и подземных вод, получение дополнительной продукции из уже добытого из недр и в значительной мере обработанного сырья.[1].

**Изложение материала и результаты.** В США из промышленных отходов получают 20% алюминия, 33% железа, 50% свинца и цинка, 44% меди от общего объема производства этих металлов. Подобная тенденция использования вторичных ресурсов наблюдается в Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании и других странах. Таким образом, в развитых индустриальных странах мира уровень использования вторичных ресурсов достигает 70-80%, тогда как в Украине и ближнем зарубежье он не превышает 15%.

В штате Монтана (США) из отвалов рудника Мандиски получают ежегодно 2 т золота и 4 т серебра при содержании в отвалах золота – 0,84 г/т и серебра – 2,8 г/т. В штате Мичиган (США) из хвостов обогащения, содержащих 0,3% Cu, достигнуто извлечение 60% меди, а в ЮАР из отвалов при содержании золота – 0,53 г/т и урана – 40 г/т получают 3,5 т золота и 696 т урана в год [5].

Проблема переработки техногенных месторождений Украины на сегодняшний день становится все более важной производственной и экологической задачей. Особенно это заметно в Донецко-Криворожском промышленном регионе. Так, по предварительным оценкам, на территории Криворожского железорудного бассейна заскладировано более 20 млн. тонн доменного шлака и более 800 млн. тонн некондиционной окисленной руды, что составляет 12 летний объем добычи железорудного сырья открытой и подземной разработки. Создание эффективных технологий обогащения техногенных месторождений позволит решить не только производственную задачу по повышению общего объема товарного производства, но и существенно улучшить экологическую обстановку на территории промышленных регионов Украины за счет снижения показателей запыленности и высвобождения земельных ресурсов, занятых в настоящее время под отвалами [1].

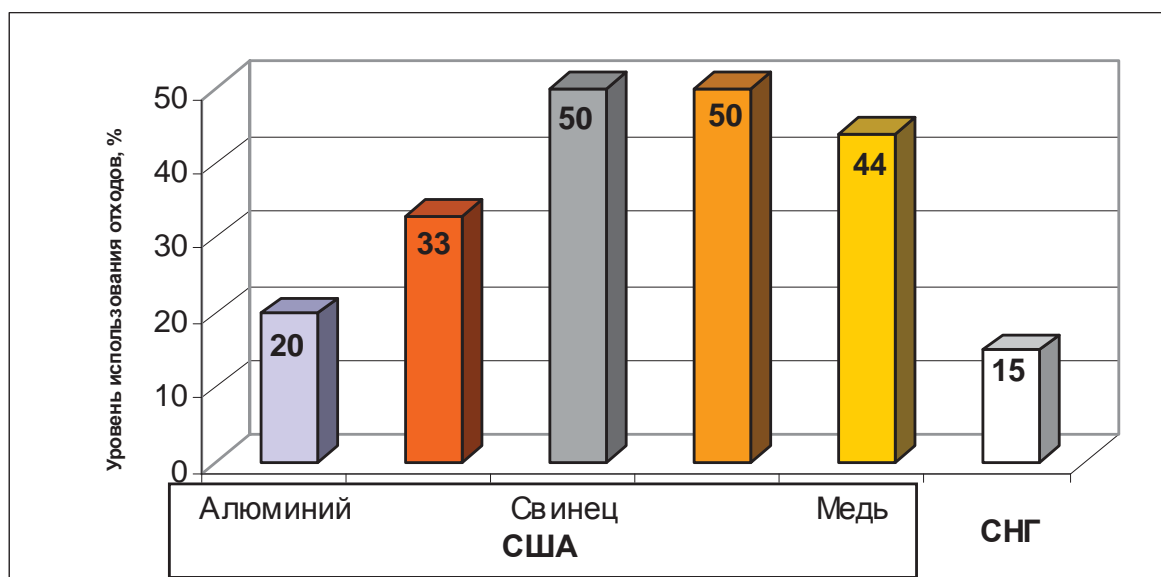
Одним из вариантов технологии переработки техногенных месторождений являются ядернофизические методы сепарации минерального сырья, основанные не на магнитных, а на плотностных свойствах горных пород. Разработано и испытано несколько видов радиометрических сепараторов для предварительного сухого обогащения руд, а так же средств оперативного контроля и управления качеством минерального сырья на базе ядернофизических методов [4].

Разработка и создание информационно-поисковой системы по переработке и комплексного использования минерального сырья техногенных месторождений является кардинальным шагом на пути к безотходной технологии.

В Кривбассе, по разным оценкам, в отвалах содержится до 13 млрд. т. вскрышных пород, а в хвостохранилищах – до 6 млрд. т отходов обогащения бедных железных руд. В последние годы все активнее изучается возможность использования накопленной в отвалах и хвостохранилищах Криворожского бассейна минеральной массы. Очевидно, что отсутствие принятых на государственном уровне методов оценки техногенных месторождений тормозит введение их в эксплуатацию [1].

На рис. 1 приведена гистограмма использования вторичных ресурсов в различных странах [1].

В настоящее время на территории Украины только твердых отходов накоплено около 25 млрд. тонн. Эти отходы негативно влияют на природные ландшафты и экологические условия, занимая площадь около 150 тыс. га плодородных земель и ухудшая среду обитания человека. Техногенные месторождения приводят к исключению из хозяйственного оборота больших площадей земель, занятых отходами производства. Кроме того, происходит уничтожение или снижение качества земель из-за пылевых заносов с отвалов и хвостохранилищ [2].



*Рис. 1. Гистограмма использования вторичных ресурсов в различных странах*

Исходя из различий в способах формирования, транспортировки, складирования отходов, техногенные месторождения Кривбасса и аналогичных месторождений можно разделить на **два класса** [3]:

К **первым** относятся отвалы горнодобывающих предприятий бассейна, которые сложены извлеченными из недр, перемещенными и складированными вскрышными горными породами: осадочными метаморфическими, магматическими, гипергенными и другими по своей природе.

Ко **вторым** относятся, главным образом, отходы обогащения бедных железных руд (магнетитовых и в значительно меньшем количестве - гематитовых) – это т. н. “лежалые хвосты” обогатительных фабрик. Они представляют собой дробленый и измельченный материал исходной руды, в котором нарушена ее текстура и структура, а также во многом морфология и анатомия индивидов и агрегатов минералов. Вследствие извлечения из продуктов измельчения рудных минералов, минеральный и химический состав отходов обогащения (т. н. “текущих хвостов”) существенно отличается от состава исходной руды.

На рис. 2 приведен общий алгоритм выбора и применения комплексного использования минерального сырья подземной и открытой добычи. Складирование текущих хвостов в хвостохранилищах сопровождается гравитационной дифференциацией измельченного материала. Как следствие, минеральный и химический состав лежалых хвостов в конкретных участках хвостохранилищ заметно различаются. Практически меняется и природа полезного ископаемого: из метаморфогенного оно преобразуется в техногенное россыпное [3].

Для Украины, Казахстана и России, производящих значительную долю минеральной продукции мира и обладающих мощным горнопромышленным потенциалом, проблема утилизации промышленных отходов и комплексное использование имеет первостепенное значение. Важным обстоятельством является то, что себестоимость товарной продукции из промышленных отходов, как правило ниже, чем из добываемых традиционными способами руд месторождений полезных ископаемых.

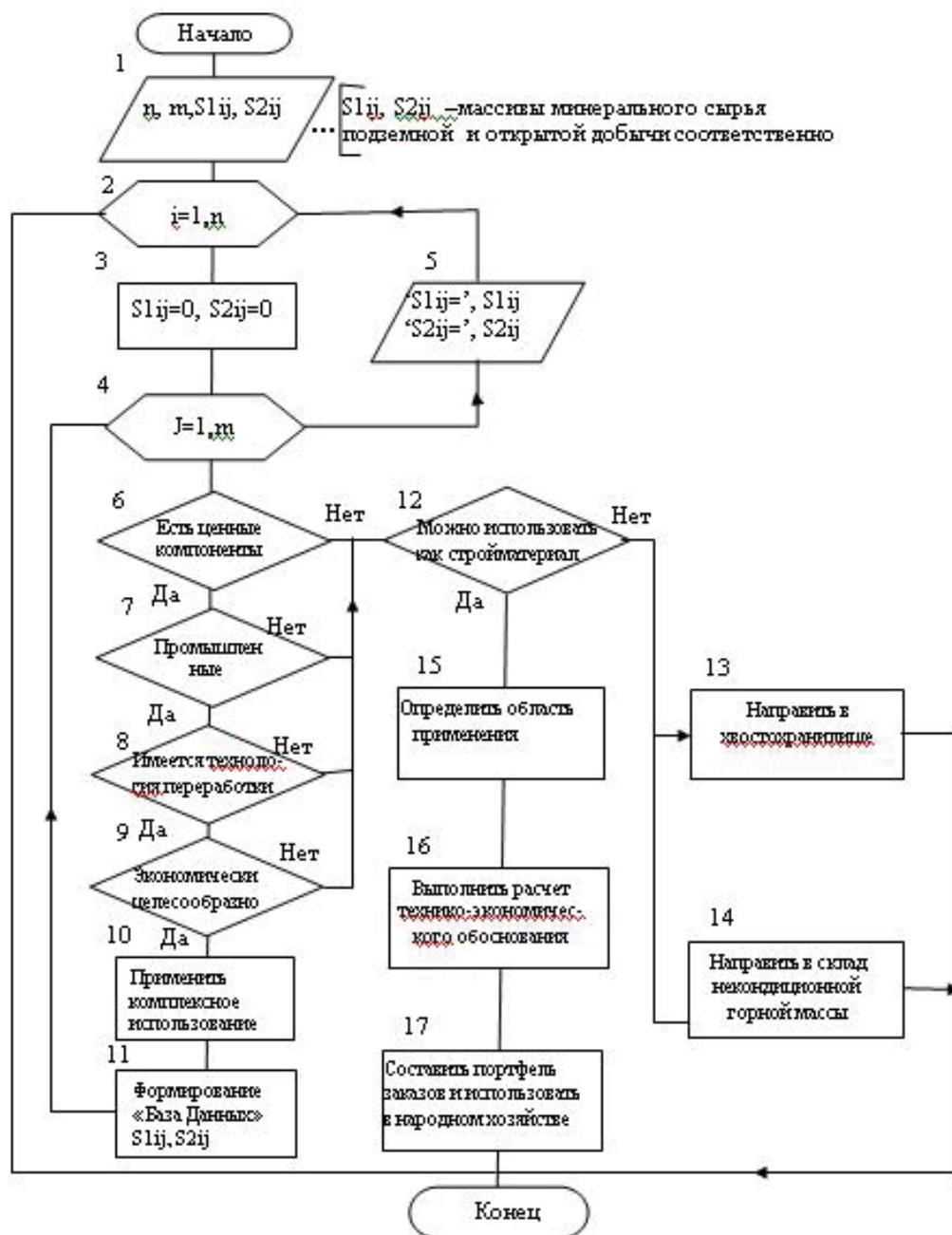


Рис. 2. Общий алгоритм выбора и переработки комплексного использования минерального сырья подземной и открытой добычи.

Активное использование промышленных отходов минерального сырья позволит получать ежегодно прибыль в миллиарды долларов. Например, вторичная переработка 150 млн. тонн отходов обогащения марганцевых руд Никопольского района и 800 млн. тонн отходов обогащения железных руд Криворожского бассейна могут дать товарной продукции более чем на 10 млрд. долларов [5].

Вовлечение в переработку техногенного сырья обеспечивает сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений, а также освобождение занимаемых им земель и их рекультивацию, ликвидацию источников загрязнения окружающей среды, улучшая тем самым экологическую обстановку вокруг действующих предприятий. Это

относится и к тем техногенным месторождениям, освоение которых сопровождается производством стройматериалов. Таким образом, всё вышесказанное указывает на актуальность и важность проблемы комплексного использования минерального сырья, переработки и полной утилизации отходов горнорудной, металлургической, топливно-энергетической и химической отраслей промышленности.

Особую актуальность приобретают вопросы организации переработки огромного количества попутной продукции, представленной нерудным сырьем. Хвосты обогащения представлены в виде песков, которые также могут найти применение в дополнительном обогащении и строительной индустрии. Использование попутной продукции возможно путем создания на базе горно-обогатительных комбинатов предприятий по выпуску материалов для строительства.

Особое место в вопросе комплексного использования минерального сырья занимают горнообогатительные комбинаты Криворожского бассейна, разрабатывающие бедные магнетитовые руды, из которых легко извлекаются минералы железа в концентрат. А большие масштабы открытой разработки влекут за собой складирование в отвалы огромного количества вскрышных пород и хвостов обогащения в хвостохранилища. Например, на ПАО «Центральный ГОК» ведется разработка ранее заскладированных хвостохранилищ с доизвлечением из них порядка 700 тыс. т концентрата в год. Практически на всех комбинатах Кривбасса введены в эксплуатацию установки по производству щебня из некондиционных кварцитов или отходов сухой магнитной сепарации, используемого для ремонта автомобильных дорог, железнодорожных путей в карьере и для реализации сторонним потребителям в качестве строительного материала. На некоторых комбинатах введены в эксплуатацию промышленные установки по производству песка из хвостов обогащения.

Однако, комплексное использование сырья развивалось только в части производства дополнительных видов продукции, потенциальные попутные компоненты складировались в отвалы и шламоохранилища. Так, на ОАО «Южный ГОК» с начала эксплуатации комбината окисленных железистых кварцитов заскладировано в отвалы свыше 540 млн. т с текущим выходом до 5,4 млн. т в год. Кроме того с начала эксплуатации комбината в шламоохранилище уложено свыше 360 млн. м<sup>3</sup> хвостов обогащения, с текущим складированием свыше 5 млн. м<sup>3</sup> в год.

**На ГОКе ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»** имеется опыт комплексного использования кварцитов и шламовых отходов обогащения. Фактическое же состояние комплексного использования попутно добываемых полезных ископаемых и отходов обогащения на ГОКе аналогично другим ГОКа. Только окисленных кварцитов заскладировано в отвалы 182 млн. т, текущий выход которых составляет порядка 3 млн. т в год. Кроме того железистые кварциты используются для строительства дамб и плотин шламоохранилища, а также для производства щебня, при годовой производительности свыше 150 тыс. м<sup>3</sup> в год для подсыпки дорог. Выход шламовых отходов обогащения сырой руды на ГОКе, которые сбрасыва-

ются в шламохранилища составляет свыше 6 млн. м<sup>3</sup> в год. С начала эксплуатации ГОКа в шламохранилищах этих отходов накопился свыше 310 млн. м<sup>3</sup>. Для получения строительных песков в настоящее время шламы не используются [1].

**На ПАО «Центральный ГОК»** общее количество попутно добываемых и сбрасываемых в смешанные отвалы окисленных кварцитов составляет порядка 29 млн. т. В качестве дорожно-строительного щебня используются отходы сухой магнитной сепарации в основном для подсыпки железнодорожного полотна в карьере, подсыпки автодорог, для горнотехнической рекультивации и разовой незначительной реализацией потребителям при годовой производительности на комбинате порядка 1,6 млн. т. С начала эксплуатации комбината в шламохранилища уложено свыше 320 млн. м<sup>3</sup> хвостов обогащения с текущим выходом 5 млн. м<sup>3</sup> в год.

**На ПАО «Северный ГОК»** практически все попутно добываемые кварциты направляются в отвалы. Лишь незначительная их часть порядка 60 тыс. м<sup>3</sup> в год используется для производства щебня и свыше 800 тыс. м<sup>3</sup> в виде укладки в дамбу шламохранилища и горнотехнической рекультивации. С начала эксплуатации комбината в шламохранилище уложено свыше 517 млн. м<sup>3</sup> хвостов обогащения с текущим выходом свыше 10 млн. м<sup>3</sup> в год. Из всего текущего выхода, крупнозернистая фракция шламов используется для намыва карт и дамбы шламохранилища.

**На ПАО «Ингулецкий ГОК»** большинство отвалов являются смешанными и заскладированные железистые кварциты разубожены. С начала эксплуатации комбината в шламохранилище уложено свыше 500 млн. м<sup>3</sup> хвостов обогащения с текущим выходом порядка 13 млн. м<sup>3</sup> в год. Из поступающих хвостов обогащения крупнозернистая фракция ежегодно намывается в тело плотины шламохранилища.

В целом фактическое состояние комплексного использования попутно добываемых полезных ископаемых и отходов обогащения на ГОКах Кривбасса неудовлетворительное. В основном оно сводится к производству дополнительных видов строительной продукции.

**На ОАО «Полтавский ГОК»** попутно добываемые сланцы и безрудные кварциты в количестве 45 млн. т заскладированы в смешанные отвалы вместе с рыхлой вскрышей. В шламохранилище заскладировано 335 млн. м<sup>3</sup> отходов обогащения. Из этого объема 275 млн. м<sup>3</sup> находится в чаше шламохранилища, а 60 млн. м<sup>3</sup> использовано на строительство дамб. Текущий выход хвостов обогащения около 11 млн. м<sup>3</sup> в год из которых около 4 млн. м<sup>3</sup> укладывается в чашу шламохранилища и свыше 7 млн. м<sup>3</sup> используется на строительство [1].

В 1999 г. в издательстве КТУ вышла монография [7], посвященная альтернативной минерально - сырьевой базе Криворожского железорудного бассейна. В результате исследований авторами было выявлено около 10 металлических и более 30 неметаллических минералов, представляющих промышленную ценность при добыче железной руды или при повторной переработке хвостохранилищ и отвалов. В результате предварительных технологических испытаний тальк - содержащих сланцев Ингу-

лецкого, Анновского месторождения, рудников им. С.М. Кирова и «Сухая балка» были выделены коллективные ванадий - никель - хромо - титановые концентраты с параллельным получением хлорит - талькового и тальк - магнезитового концентратов [7].

Задачей данных исследований является установление возможности применения физических методов контроля для автоматического выделения ценных минералов из общего рудного потока для последующего обогащения. Для этого необходимо изучить физические свойства минералов редких металлов, а также минералов - акцессоров и тальковых сланцев как основного сопутствующего минерала.

Тальковые сланцы имеют светлую или светло - зеленую окраску, реже желтоватый или бурый цвет, что создает возможность применить для их выделения фотометрические методы. В табл. 1 приведены некоторые минералы люминесцирующих при облучении ультрафиолетовым спектром (УФЛ) или рентгеновским излучением (РЛ) [8].

Таблица 1

*Спектры люминесценции минералов*

Минерал	Цвет свечения		Люминоген	Максимальная длина волны $\lambda$ , нм	Частота встречаемости	
	УФЛ	РЛ			УФЛ	РЛ
Кварц	бг	БГ К	Si	390 - 410	0	168/200
			Al	460 - 490	0	
			Fe	520 - 560	0	63/200
Кальцит	г,з о,к	о,к	Po	530 - 560	8/67	0
			Mn	630	90/113	100%
Циркон	Ж	Ж	ZrO	280	0	2/4
			Si	360	0	2/4
			Ti	450 - 620	2/4	2/4
			Fe	700 - 740	1/4	0
			Gd	312	0	2/4
			Tb	405	0	1,4
			Di	475 - 490	2/4	2/4

*Примечание: бг- бело-голубой, ж - желтый, з - зеленый, о - оранжевый, к - красный - цвета люминесценции минералов.*

Для обнаружения циркона перспективно использовать стационарный осветитель ОИ-18 - мощный источник ультрафиолетового излучения с ртутно - кварцевой лампой ДРК-120 (СВД-120А) со стеклянными светофильтрами УФС-1, УФС-5 или портативные рентгеновские аппараты УРС-55, УРС-10, или импульсные установки с интенсивностью  $N=10$  имп/сек., мощностью около 1 кВт. Для регистрации люминесцентного излучения можно использовать фото - электронные умножители ФЭУ с цветными светофильтрами [8].



Весьма высокочувствительным вариантом анализа является гамма - активационный метод [9], при котором исследуемые образцы пород навеской до 300 г облучали в течение 15 мин. в пучке тормозного излучения сильноточного бетатрона при энергии 13,1 МэВ. Через 1 мин. после окончания облучения регистрируют аппаратурный спектр гамма - излучения наведенной активности образца (10 мин.) и кривую ее распада (40 - 60 мин.). Такой режим измерений позволяет исключить влияние мешающих элементов. Расчетное значение порога чувствительности определения содержания циркония равно  $9 \cdot 10^{-5} \%$  при относительной точности  $\pm 30\%$  [9].

Сводная характеристика методов определения циркония приведена в табл. 2.

Таблица 2

*Характеристика некоторых методов определения циркония.[10].*

Показатели	Виды анализа					
	химический			спектральный	Рентгеноспектральный (флюоресцентный)	Рентгенорадиометриче- ский (флюоресцентный)
	объемный	весовой	фотометрический			
Среднее время анализа, час	1,4- 1,9	1,4- 1,9	1,4- 1,9	0,86	1,2	0,40
Чувствительность определения, %	1 - 3	3,0	0,01- 1	0,05-1	0,3-1	N*0,1
Допустимые расходы, отн. %	10-5	2,0	20-30	10 - 30	30 - 5	5 - 15

Фотометрические методы химического определения циркония в сплавах основаны на образовании окрашенного соединения циркония с реагентом арсеназо III в кислой среде. Методика применима для определения циркония в различных сплавах на основе титана, железа, меди, ванадия, алюминия, магния и др. [12]. Фотолюминесцентные методы химического анализа основаны на рентгеновской люминесценции водного раствора циркония с реактивами 3-оксифлавона или Морина [13].

Рекомендуемые пределы чувствительности определения циркония в россыпных месторождениях в зависимости от состава пород колеблется в пределах от 0,01 до 0,0033 массовой доли при содержании элемента в рудах 0,4 - 0,5% [10].

Эффективным методом разделения минералов является обогащение на электрстатических сепараторах, которые можно применить для:

получения сверхбогатых концентратов;  
обеспыливания и классификации различных продуктов обогащения железных руд; обогащения и классификации тальк - содержащих продуктов;

обогащения циркон - содержащих руд и доводки цирконовых концентратов. Электрическая сепарация титано - циркониевых руд более 50 лет применяется на обогатительных фабриках США, ЮАР, Индии и Австралии. Большинство фабрик выдают цирконовые концентраты, содержащие 99% циркона. В технологических схемах предусматривают дезинтеграцию, обесшламливание и гравитационное обогащение с получением коллективного концентрата. После обезвоживания и сушки коллективный концентрат поступает на электрическую сепарацию для разделения на проводящую и непроводящую фракции. При этом, электрические и магнитометрические методы сепарации дополняют друг друга.[11].

В настоящее время разработаны методы обогащения, которые десять - пятнадцать лет назад даже и не упоминались применительно к горному делу. Но сейчас важно не столько разрабатывать новые методы, сколько создавать на их основе схемы и производственные циклы, позволяющие добывать и перерабатывать сырье комплексно.

Следует отметить, что комбинированная схема переработки это не просто сумма процессов, здесь требуется серьезное перераспределение функций между процессами и технологиями.

**Выводы.** Переработку минерального сырья необходимо оценивать комплексно - тогда не будет никаких противоречий и при этом связь экономики и экологии очевидна. Увеличение загрязненности воздуха кроме всего сокращает срок службы промышленного оборудования. В экономических расчетах властвует отраслевой принцип, а экономическая оценка требует не отраслевого, а комплексного подхода.

В XXI веке спрос на железо продолжает оставаться актуальным. Потребность стран в этом металле огромна: в 2010 году в мире добыто 2300 миллионов тонн железной руды и выплавлено 1,4 миллиарда тонн стали. Китай выплавил в 2010 году для своей промышленности и экспорта около 620 млн. т стали, Япония более 100 млн. т, США 80 млн. т, Западная Европа 160 млн. т. Россия, выплавил в 2011 году около 48 млн. т, Украина в 2011 г. выплавил 35 млн. т.

Объем добычи полезных ископаемых возрастает, но при этом в готовую продукцию переходит все меньший процент от добытого объема. Вся остальная масса в виде отходов возвращается в природную среду, загрязняя ее. Причина этого не столько в росте производства, сколько в отсутствии комплексной переработки минерального сырья и утилизации отходов.

Крупнопорционную сортировку минералов можно выполнить на ленточных конвейерах при производительности 50 т/час, что соответствует

скорости подачи около 1 м/сек и управлением рудными потоками с помощью шибера устройства.

Циркон можно выделить по фото или рентгенолюминесценции с последующим обогащением на электрических сепараторах.

Тальковые сланцы можно выделить по - величине альbedo: свето - отражательной способности поверхности минералов или активацией магния и кремния, которые в сумме составляют более 90% от общего состава тальковых сланцев.

Золото также можно определить активационным анализом с использованием нейтронных генераторов по реакции на нейтронах с энергией 14 МэВ. Измерения производятся на порошковых пробах в капсулах d=22 мм, h=6мм. Полное время анализа составляет 20 минут.

Фактическое состояние комплексного использования полезных ископаемых и отходов обогащения в Украине и в частности на ГОКах Кривбасса неудовлетворительное, т. к. комплексное использование, в основном, сводится к производству дополнительных видов строительной продукции.

#### *Список литературы:*

1. Вилкул Ю.Г., Азарян А.А., Колосов В.А. Переработка и комплексное использование минерального сырья техногенных месторождений. Гірничий Вісник Криворізького національного університету. -2013, №96. -С. 3-10.

2. Техногенные месторождения // НПП «Гравикон» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. –Луганск, 2010. –Режим доступа: <http://www.gravicon.com.ua/ru/page43>.

3. Евтехов В.Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся – к созданию более совершенных// Геолого-мінералогічний вісник. – 2003. № 1. –С. 19-25.

4. Азарян А.А., Колосов В.А., Ломовцев Л.А., Учитель А.Д. Качество минерального сырья. – Кривой Рог: Минерал, 2001. –203 с.

5. Сайт <http://www.gravicon.com.ua/ru/page43>.

6. Сашурин А.Д., Панжин А.А. Масштабное техногенное воздействие горных разработок на участок литосферы //Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): Доклады Международной конференции 6-10 июля 1998 г. -Екатеринбург. УрО РАН, 1998. -С. 170-178.

7. Евтехов В.Д., Паранько И.С., Евтехов Е.В. Альтернативная минерально - сырьевая база Криворожского железорудного бассейна. Кривой Рог. КТУ.1999г. (-С. 69).

8. Спектры люминесценции минералов, составитель Б.С. Горобец. М. 1981г. (-С. 151).

9. Фотоядерные методы анализа вещественного состава образцов горных пород и руд. А.К. Берзин, В.В. Сулин, в кн. «Труды ВНИИЯГ»,

вып. 5, Состояние и перспективы ядерно - физических методов поисков и разведки полезных ископаемых, -М., Недра, 1969 г.(-С. 203 - 226).

10. О геологической направленности при разработке ядерно - физических методов элементного анализа горных пород и руд. В.М. Мудренко, И.Г. Синицын, И.Н. Тареев, Э.А. Чепижная, В кн. «Труды ВНИЯГГ», вып. 5, Состояние и перспективы ядерно - физических методов поисков и разведки полезных ископаемых, -М., Недра, 1969г. (-С. 323 - 338).

11. Мессеняшин А.И., Электрическая сепарация в сильных полях, М., Недра, 1978г. (-С. 175).

12. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа, Л.: Химия, 1986. –432 с.

13. Люминесцентный анализ. Под. ред М.А. Константиновой - Шлезингер, -М.: 1961г. -399 с.

УДК 621.311.4.031

І.О. СІНЧУК к.т.н., доц., С.М. БОЙКО аспір., М.А. БАУЛІНА аспір.  
ГВУЗ «Криворожський національний університет»

## **ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В УМОВАХ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ**

*Проаналізована можливість і специфіка роботи вітроенергетичного комплексу в умовах діючих підземних виробок залізорудних шахт. Розроблена структура електромеханічної частини вітроенергетичного комплексу і система управління ним.*

*Проанализирована возможность и специфика работы ветроэнергетического комплекса в условиях действующих подземных выработок железорудных шахт. Разработана структура электромеханической части ветроэнергетического комплекса и система управления им.*

*Possibility and specific of work of wind energy complex is analysed in the conditions of the operating underground making of iron-ore mines. The structure of electromechanics part of wind energy complex and control the system is developed by him.*

У зв'язку із стійкою тенденцією щорічного збільшення споживання електричної енергії (ЕЕ), зростанням цін на її виробництво, а також впливом екологічних обмежень, що постійно зростають, все більш актуальним стає завдання збільшення об'ємів отримання ЕЕ шляхом використання поновлюваних джерел, особливо енергії вітру, яка у вітрових електричних установках (ВЕУ) перетворюється в електричну. Важливо, що очікуваний ефект від впровадження можливо досягти лише при масовому використанні та впровадженні ВЕУ в тому числі в промисловості та