

**ТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТАЛЬКОВЫХ СЛАНЦЕВ
СКЕЛЕВАТСКОЙ СВИТЫ**

Приведена характеристика супутніх залізній руді тальк-утримуючих порід. Показана технічна та економічна доцільність їх використання.

**ENGINEERING AND ECONOMIC FEASIBILITY USES OF TALCOUS
SHALES OF SKELEVATA RETINUE**

The characteristics of rocks containing talc that is often an associate of iron ore are given. Technical and economic expediency of their usage is shown.

Введение.

Месторождениям железных руд Криворожского бассейна сопутствуют залежи, в частности, тальковых сланцев, а известно, что использование попутных полезных ископаемых, которые зачастую по ценности не уступают основным, дают железорудным предприятиям существенную прибыль. В работах А.Д. Кудели и Ю.И. Половинкиной [1,2] поставлена эта проблема. Однако в связи с недостаточной изученностью залежей скелеватской свиты поставлена цель более глубокого изучения минералого-технологических свойств тальковых сланцев Ингулецкого месторождения железных руд и определение технической и экономической целесообразности их промышленного использования.

Элементы технологии. Тальк представляет собой гидросиликат магния с химической формулой $Mg_3 [Si_4O_{10}] [OH]_2$. Это минерал моноклиальной сингонии, теоретически содержащий 31,7 % MgO, 63,5 % SiO_2 и 4,8% H_2O .

Обычно он содержит примеси Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO, реже- NiO.

В виде отдельных кристаллов тальк встречается редко, обычно образует скрытокристаллические плотные или чешуйчатые и листовые агрегаты. Тальк в плотных агрегатах называется стеатитом, сланцевых тальковым сланцем. Цвет чистого талька совершенно белый, в случае присутствия закиси железа окрашен в зеленый цвет, окиси железа в бурый. твердость талька около 1, он легко чертится ногтем, жирен на ощупь.

Отдельные чешуйки талька гибкие, но упругие. При температуре около 900^0 тальк дегидратируется, при температуре 1530^0 – плавится. Обладает способностью хорошо обрабатываться и легко измельчаться в тонкий порошок со средней размерностью частиц 0,03-0,04 мм. Хорошо противостоит действию кислот, щелочей, минерализованной воды, относится к плохим проводникам тепла и электричества.

Тальк обладает субстратным действием, т.е. способностью удерживать на поверхности своих частиц, как на химически инертной основе, некоторые активные химические вещества. На этом свойстве основано его применение в производстве инсектоfungицидов.

Часто тальковые породы и породы, содержащие более 75% талька, называ-

ют талькитами. Наряду с такими породами промышленность использует также породы, содержащие 35-75% талька, так называемые тальковые камни. Среди них выделяют тальк-магнетитовые, тальк-доломитовые и тальк-хлоритовые, а также промежуточные разновидности. Твердость тальковых камней изменяется от 1 до 3,5, температура плавления их изменяется в пределах 1350-1400⁰ С. Малые карбонатные камни являются щелочеупорными, а тальк-хлоритовые щелоче- и кислотоупорными.

По кристаллической структуре, физическим и техническим свойствам к тальку очень близок минерал пиррофиллит- $Al_2[Si_4O_{10}][OH]_2$, визуально эти минералы неразличимы. Пиррофиллит и тальк, имея сходные кристаллические решетки, не только близки по своим физическим свойствам, но мало отличаются друг от друга по технологическим и техническим (рабочим) свойствам, а следовательно, по области применения в промышленности.

Тальковый порошок используется различными отраслями промышленности в качестве наполнителя[3].

В бумажной промышленности белый или слегка сероватый тальковый порошок вводится в состав бумажной массы, что повышает прочность и глянце-витость бумаги, придает восприимчивость типографской краске.

В керамической промышленности тальк является важной составной частью шихты при производстве электроизоляционного фарфора, технической и бытовой посуды, облицовочных стеновых плит и т.п.

В резиновой промышленности тальк используется как наполнитель в резиновой смеси и для припудривания резины; в химической промышленности – при производстве инсектицидов как наполнитель.

В парфюмерной и фармацевтической промышленности молотый тальк служит сырьем для производства пудры и присыпок, а также в качестве наполнителя для таблеток.

В кондитерской промышленности тальковый порошок применяется как полировочный материал для придания блеска конфетам и как обсыпка для их дешевых сортов с целью придания блеска поверхности конфет и предохранения их от слипания.

Тальковый порошок используется также в лакокрасочной, кровельной, кабельной промышленности, в литейном деле, цементном, текстильном, пластмассовом производстве, для изготовления смазок и цветных карандашей. Качество талька, как наполнителя, зависит от содержания в нем окислов железа, поэтому наиболее важным требованием к тальку, идущему на помол, является минимальное содержание в нем окислов. Выявлено, что закисное железо, изоморфно входящее в решетку самого минерала талька, значительно менее вредно, чем окисное, входящее в состав сопутствующих минералов. Присутствие окислов железа отражается на цвете талькового порошка, ухудшает его керамические свойства, огнеупорность и вредно влияет на химические свойства изделий.

Минералогически чистый тальк в природе встречается редко. Вместе с другими минералами тальк образует тальковые породы. Сопутствующими минералами чаще всего являются серпентин, хлорит, магнезит, доломит. Содержание

талька в породах колеблется от 45 до 75%. В бедных тальковых породах представлен, как правило, тонкими кристаллами.

Тальк относится к естественным аполярным минералам, обладающим высокой флотуемостью и способным флотироваться в присутствии одних вспенивателей. При флотации талька для обеспечения высокого извлечения в концентрат приходится применять не только вспениватель, но и собиратели-вспениватели (керосин и другие нефтяные погоны). В результате применения этих реагентов магнезит флотируется в весьма небольшой степени, что и обеспечивает достаточную избирательность флотационного процесса. Применение небольшого количества серной кислоты для снижения pH пульпы до 6-6,5 улучшает избирательность флотации, уменьшая переход в концентрат магнезита и окислов. Флотационные концентраты подвергаются доводке на магнитных сепараторах.

Тальковые сланцы Ингулецкого месторождения залегают в виде пласта мощностью 50-80 м, окаймляющего железорудную залежь и относятся к вскрышным породам. При разведке месторождения запасы тальковых сланцев не подсчитывались, технологические испытания не производились, возможные области использования не определялись. По предварительным оценкам экспедиции «Кривбассгеология» треста «Укргеология» запасы тальковых сланцев составляют 20-22 млн.т.

В связи с необходимостью расширения карьера в северо-восточном направлении возникла необходимость отработки и складирования тальковых сланцев с учетом возможности сохранения потенциальной ценности и использования в будущем [3].

Тальковые породы Ингулецком месторождении представлены хлоритотальковыми, хлоритоталько-амфиболовыми, карбонато-талько-амфиболовыми сланцами и другими породами [4].

Длина талькосодержащего горизонта по простиранию в контурах ИнГОКа составляет 2 км, горизонтальная мощность в северной части – 40 м, в южной -100 м, глубина распространения до 400 м. Ежегодное извлечение тальковых сланцев по данным института «Кривбасспроект» колеблется от 2,0 до 3,0 млн.т [5].

Химический состав талькосодержащих пород характеризуется следующими данными: Fe_2O_3 общ.-10,2-13,8%, в отдельных пробах -17,4%; Fe_2O_3 раств.-7,1-10,0%, в единичных пробах наблюдаются колебания от 5,3 до 14,0%; Al_2O_3 -7,2-10,5%, в отдельных пробах от 4,8% до 12,15%; MnO -0,1-0,39%, MgO общ. -20,3-26,59%; CaO -0,2-7,5%; SiO_2 -37,94-54,02%, в основном 40-44%; K_2O до 0,4-1,0%; Na_2O до 0,35%; S общ.-0,005-0,607; п.п.п.-5,0-10,3%; прокаленный нерастворимый в HCl остаток -60,55-81-28%, в основном 67-72%, белизна -38,4-60,2%; содержание влаги до 0,7-1,34%.

Исследованиями Научно-исследовательского горнорудного института показано, что тальковые сланцы Ингулецкого месторождения пригодны для использования в керамической, резинотехнической, лакокрасочной промышленности. Кроме того, эти работы показали перспективность исследований тальковых сланцев на предмет получения Ti, Cr, Ni, Si, V и Cu [6].

Исследования Киевского политехнического института установлена возможность использования тальковых сланцев ИнГОКа для производства портландцемента, шлакопортландцемента и шлакового цемента повышенной основности. Исследования подтверждены промышленными испытаниями на Криворожском цементном заводе.

При годовой производительности 1,5 млн.т первой очереди, 3,0 млн.т двух очередей Криворожский цементный завод может соответственно переработать 0,6 и 1,2 млн.т тальковых сланцев ИнГОКа при расстоянии транспортировки 37 км.

Исследованиями Львовского филиала института «УкрНИИстройпроект» установлена возможность использования тальковых сланцев ИнГОКа для производства кирпича марки «200». На изготовление 1000 шт. кирпича необходимо 4,5 т сырья. При среднегодовой производительности кирпичного завода 36 млн.шт. условного кирпича годовой объем переработки тальковых сланцев составит 162 тыс.т только по одному предприятию.

Институтом «ВНИИнеруд» (г.Тольятти)проведено изучение химического состава проб тальковых пород Ингулецкого ГОКа. По результатам химического анализа установлено, что исследованные тальковые породы Ингулецкого ГОКа не могут быть использованы ни в одной отрасли промышленности без предварительного обогащения. С целью решения вопроса о промышленном использовании тальковых сланцев на месторождении были проведены геологоразведочные работы, в результате которых были установлены запасы и качество тальковых сланцев, а также проведены технологические испытания.

Макроскопически выделены следующие типы в тальк-хлоритовых сланцах с количеством в общей пробе, %:

талькиты до	25
тальк-хлоритовые сланцы плотные, пористые	15
безрудные, бедные по содержанию талька около	40
слоистый, рыхлый, пористый тальк-хлоритовый сланец около	20

Талькиты содержат до 40% талька, рассыпаются при малейшем сдавливании, жирные на ощупь, имеют атласный блеск, зеленовато-серовато-белые. Слоистая текстура уже почти утеряна. Изредка наблюдаются реликты слоистости за счет хлорита, вкрапленность рудных минералов, рассеянных в куске в количественном отношении не более 15%. Тальк вместе с карбонатами образует скопления, которые очень легко разрушаются.

Плотный, пористый тальк-хлоритовый сланец с охристыми примазками сидерита, единичными четко просматриваемыми кристаллами куммингтонита. Пористость занимает до 60% объема в отдельных образцах, возможно, обусловлена выщелачиванием кальцита. Содержание талька незначительное (менее 15%), наблюдаются чешуйки биотита, единичные зерна турмалина, количество тонкодисперсных рудных минералов 7-10%. Безрудные тальк-хлоритовые сланцы имеют в своем составе наименьшее количество талька. Порода плотная, состоит в основном из хлорита, кварца, карбонатов.

Слоистый, рыхлый, пористый тальк-хлоритовый сланец с кварцем, содержание талька до 15%(в условиях промышленной переработки – это хвосты).

Вкрапленность рудных минералов до 10%. Основной минерал- хлорит и обуславливает слоистость, которая очень хорошо видна.

При микроскопическом исследовании тальцитов установлена форма талька – пластинчатая, также имеется и мелкодисперсный тальк, образующий скопления и налеты на других минералах.

Размер тальковых пластин в основном стабилен (0,02 мм), редкие зерна имеют размер 0,1 мм. Около 15% зерен талька пористые, как бы образуя сростки с хлоритом, где тальк преобладает. Преобладающим и основным силикатом является хлорит, зерна минералов зеленовато-белого цвета. Как установлено термическим и рентгеноструктурными анализами хлорит относится к рипидоллит-алюмо-магнезиально-железистой разновидности. Содержит в себе нерастворимый остаток HgO и FeO. Размеры зерен рипидоллита стабильны и близки к размерам талька- в среднем 0,02 мм.

В таблице 1 представлены нерудные минералы, встречающиеся во всех типах тальк-хлоритовых сланцев в незначительных количествах и единичных зернах.

Таблица 1 – Нерудные минералы, встречающиеся во всех типах тальк-хлоритовых сланцев

Название минерала	Количество, %	Размеры, мм	Форма зерен
Доломит	-	0,02	чешуйчатые
Сидерит	-	-	неправильные зерна
Всего	3	-	-
Куммингтонит	единичные зерна	0,02	столбчатая
Кварц	2	0,05-0,02	кубическая
Биотит	2	0,02-0,2	пластинчатая
Полевой шпат		0,02-0,2	пластинчатая
	единичные зерна	-	игольчатая
Примечание	до 5% куммингтона		в сростках с рудными минералами

При исследовании в отраженном свете рудной составляющей устанавливается ильменорутит, форма минерала удлиненная - шестоватые зерна имеют максимальную длину 0,8 мм. Имеется магнетит (до 2%), халькопирит и пирит, единичные зерна гематита и мартит, местами замещающий магнетит. Для всех рудных минералов характерны следы замещения и поверхностного окисления (как побежалость в халькопирите). Пирит в сростках с кварцем преобладает. Рудные минералы неравномерно распределены в различных типах сланцев, количество в общей пробе не превышает 5-7%, что и затрудняет их выделение и исследование.

По данным рентгеноструктурного анализа в исходной пробе в камерном и пенных продуктах флотации постоянный минеральный состав: хлорит, тальк (ближе к киннезатаит-магнезиально-железистой разновидности), куммингтонит, карбонаты(доломит и сидерит), кварц. Рудные минералы из-за незначительного

количества и при наложении сильных тальковых линий не проявились. В пенном продукте преобладает тальк, в камерном- хлорит, т.е. нежелательное повышение нерастворимого FeO происходит и за счет основного минерала – талька (миннесотаита).

Спектральным анализом установлены повышенные содержания Ti, Cr, Ni, Si, V и Cu. При исследовании с помощью спектрального анализа пробы камерного и пенного продуктов, получены четкие закономерности; повышение содержания Ti и Cr в камерных продуктах по сравнению с пенным (Ti с 0,5% до 5%) и (Cr с 0,05% до 0,1%) и постоянное содержание Ni(0,5) и Co (0,02). Такое распределение связано с плохой флотуемостью ильменорутила, несущего в себе Ti.

В качестве изоморфной примеси в хлорит входит Cr. Элементы Ni и Co в качестве изоморфных примесей входят в кристаллическую решетку талька, где замещают близкий по ионному радиусу Mg(0,74), что и подтвердилось при исследовании рудного концентрата микрорентгено- структурным анализом.

Первичное предположение о вхождении в кристаллическую решетку рудных минералов (хромитов) не подтвердилось минералогическими и микрорентгеноспектральными анализами. Предлагается по данным этих анализов присутствие двух разновидностей магнетита: титаномагнетита и кулсонита (V – содержащий магнетит). Содержание V- 0,05-0,1 с халькопиритом связано -0,01-0,03%.

Специальные исследования исходной пробы и продуктов обогащения тальк-хлоритовых сланцев на Nb и Ta методом спектрального анализа дали отрицательный результат. На более чувствительную линию Nb-313 нм и Ta -268.5 нм накладывается линия Ti. Наложение линии Ti сомнения не вызывает. При проведении спектрального анализа для повышения чувствительного в медленном сжимании элементы Nb и Ta не устанавливаются – на спектральную линию Ta накладывается линия Mn. Чувствительность анализа по Ta 0,05, по Nb – 0,2. Для обнаружения элементов Nb и Ta спектральным анализом необходима разработка специальной методики с высокой чувствительностью при специальном предварительном обогащении пробы.

Методом микрорентгеноспектрального анализа локального повышения интенсивности по линии K_j – Nb и Ta не обнаружено. Интенсивность линии на уровне фона. Возможно наличие Ta и Nb на уровне кларковых, рассеянных в толще тальк-хлоритовых сланцев, требует исследования специального уровня.

Результаты опытов по обогащению тальковых сланцев ИнГОКа приведены в таблице 2.

Магнитным обогащением тальковой пробы ИнГОКа в открытом цикле без перечистки продуктов обогащения можно получить тальковый продукт содержащий 3,8 – 4,0% железа, растворимого в HCl, и 6,2-7,3% FeO.

Флотационное обогащение тальковой пробы ИнГОКа в открытом цикле с перечисткой продуктов обогащения позволило снизить содержание растворимого железа в тальковом продукте до 2,5-3,1 %.

Магнитное обогащение в открытом цикле с перечисткой немагнитного продукта позволило снизить содержание железа в немагнитной фракции до 3,1

%(железа, растворимого в HCl).

Обогащение по комбинированным схемам позволило получить содержание растворимого железа в тальковом продукте 2,0-2,5%.

Таблица 2 – Показатели обогащения тальковых сланцев

Крупность, мм	Истинная плотность, кг/м ³ 10 ³	Показатели обогащения, %		
		выход	массовая доля	извлечение
0,07	< 2.6	1,9	4,8	1,9
	2.6-2.8	1,2	5,1	1,3
	>2.8	0,2	22,8	0,9
	исходный	3,3	6,0	4,1
0,07-0,044	< 2.6	0,5	5,8	0,6
	2,6-2,8	11,4	3,6	8,4
	2,8-3,2	3,3	3,6	2,8
	>3,2	0,5	38,2	3,9
	исходный	15,7	4,8	16,7
0,044-0,01	< 2.6	1,0	4,8	0,9
	2,6-2,8	37,9	4,4	24,8
	2,8-3,2	9,9	3,2	7,6
	>3,2	1,0	3,7	9,2
	исходный	49,8	44,3	42,5
0,01		31,2	5,2	36,7
Исходный продукт		100,0	4,8	100,0

Выводы.

Совместная разработка железорудного и сопутствующего минерального сырья(талька) в пределах Ингулецкой залежи технически и экономически целесообразна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куделя А.Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горнообогатительных комбинатов УССР.-Киев: Наук. думка, 1984.-496с.
2. Половинкина Ю.И. Тальковые сланцы Кривого Рога, их генезис и стратиграфическое положение //Тр.ВСЕГИ. Петрографический сб. 1955. №1.127с.
3. Петрусенко И.Ю., Плотников А.В., Антонов А.Ю. Вещественный состав, строение и перспективы использования тальковых сланцев железисто-кремниевых формаций докембрия// Достижения и перспективы научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности: сб. научн.тр.-Кривой Рог ГНИГРИ, 2002.-153-161с.
4. Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Стратиграфия/ Под редакцией Н.П. Щербака- К.: Наук.думка, 1988.-192с.
5. Станков А.П. Технологические методы комплексного использования Ингулецкого месторождения .Кривой Рог: НИГРИ, 1998.-347с.
6. Ахкозов Ю.Л., Плотников А.В., Панова Л.П., Химко И.В. Прогнозирование качества железорудного концентрата// Горный журнал. – 1996.-№7-8.-с.34-36.