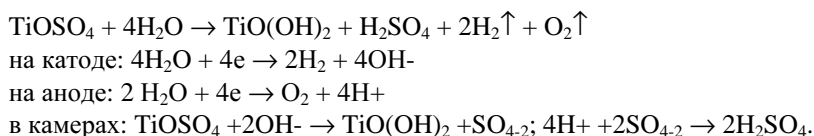


раствора сульфата титана. Механизм процесса, включает большое количество промежуточных реакций, которое суммарно можно представить следующим образом:



Частицы слюды, находящиеся в католите, служат центрами кристаллизации твердой фазы гидроксидного титана (IV), который образуется в результате электрогидролиза сульфата. Окончание процесса электрогидролиза достигается при показателе pH католита - 6-6.5. Затем суспензия из католита переносится на фильтр. Жидкая фаза отделяется, осадок тщательно промывается водой и после подсушивания при температуре 100°C прокаливается при 800°C. Прокаленный продукт представляет собой мелкодисперсный шелковистый порошок с характерным перламутровым блеском.

Получение минеральных сорбентов из отходов переработки апатито-нефелиновых руд

Показано, что при измельчении сфенового (титаносиликат кальция – CaSiTiO₅) и апатитового концентратов (гидрофосфат кальция) в сухом режиме с использованием различных типов измельчителей (мельницы шаровые, струйные, центробежно-ударные, вибрационные) происходит разрушение зёрен исходного материала в различной степени (данные электронной микроскопии); при измельчении повышается дисперсность частиц, наблюдается ионизация и аморфизация поверхности и её активация за счёт увеличения удельной поверхности и в результате приобретения электрического заряда. Степень активации зависит от измельчителя (мельницы) и располагается в следующем порядке: струйная > вибрационная > центробежная > шаровая. Максимальное увеличение удельной поверхности сфена достигается при измельчении на струйной мельнице - с 1м²/г до 35-40м²/г. Совмещение процессов измельчения сфенового концентрата и «фосфатизации» его (модифицирование в присутствии фосфорной кислоты или фосфатных соединений алюминия) позволило получить на поверхности частиц титанофосфатную оболочку и, тем самым, повысить его сорбционную способность (табл. 2).

Таблица 2

Сорбционная ёмкость минеральных сорбентов (мг-экв/г)

Характеристика сорбента	S, м ² /г	Cs ⁺	Sr ⁺²	Co ⁺²	Ni ⁺²
Сфен измельчён (фракция до 200 мкм)	1.2	0.05	0.09	0.18	0.24
Сфен измельчён (фракция до 20 мкм)	37.8	0.43	0.67	0.80	0.95
Сфен измельчён и модифицирован	40.5	0.55	0.75	1.10	1.12
Апатит измельчён (фракция до 10 мкм)	27.9	-	-	0.75	0.90

S – удельная поверхность

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы №6 ОХНМ РАН и РФФИ 07-03-97622р_офи.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАЛОГИЯ ТАЛЬКОВЫХ РУД ЧЕМПАЛОВСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Лузин В.П.

ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», г. Казань

Изучение тальковых руд Чемпаловского проявления на Южном Урале было проведено ФГУП «ЦНИИГеолнеруд». Заказчиком (ООО «Пласт-Тальк») на стадии поисков для изучения было представлено 101 рядовая (частная) проба из 3-х природных типов тальковых руд, различающихся по минеральному составу. Пробы отбирали по керну скважин с интервалом в 1,0 м. Материал каждой пробы находился в дробленном состоянии с размером частиц меньше 20 мм. Масса единичных проб в среднем составила 5,3 кг, а по каждой из них изменялась от 2,9 до 8,2 кг.

Для детального изучения технологической минералогии руд из всего количества рядовых проб на основании визуальной (полевой) оценки их было сформировано 15 лабораторных групповых минералогических проб. Длина интервала групповой пробы составляла от 6 до 8 метров, что отвечает требованиям нормативных документов по опробованию природных объектов талька. Таким образом, каждая групповая минералогическая проба, характеризующая тот или иной природный тип руды, была сформирована из 6-8 рядовых проб. Для разработки технологических схем обогащения тальковых руд и технической оценки концентратов талька из

выделенных 15-ти лабораторных групповых минералогических проб (ГМ) были составлены также с учетом результатов визуальной (полевой) оценки 4 лабораторные объединенные технологические пробы (Т). В зависимости от количества групповых лабораторных минералогических проб, представляющих тот или иной природный тип тальковых руд, каждую объединенную технологическую пробу составляли от 1-ой до 6-ти групповые лабораторные минералогические пробы.

Минеральный состав тальковых руд

Изучение вещественного состава руд производилось в лабораторных условиях на материале групповых минералогических и групповых технологических проб. При этом были задействованы такие методы, как визуальное изучение (определение), исследование под биноклем и микроскопом, ряд специальных диагностических приемов, а также рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА), химический и другие анализы.

По результатам комплексного изучения в составе тальковых руд были установлены следующие минералы: тальк, магнетит, хлорит, кварц, магнетит, гематит, кальцит, доломит, монтмориллонит, амфибол, полевой шпат, гидроксиды железа, пирит, халькопирит, борнит, мусковит, биотит, гидробиотит и другие.

Тальк является одним из самых распространенных минералов в тальковых рудах. Среднее содержание талька в руде составляет 57.7% и изменяется по групповым минералогическим пробам от 38 до 90%, а по групповым технологическим пробам от 40 до 60%. Характерным обликом талька являются массивные (стеатитовые), зернистые, таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые агрегаты. В плане форма агрегатов различная, она может быть изометричной, вытянутой, ленточной (форма тонких прямолинейных узких полосок с параллельными сторонами), неправильной. Краевые части тальковых агрегатов ровные, извилистые или зубчатые. Имеют место агрегаты сложного строения, например, такие, у которых центральная часть массивная (стеатитовая), а краевая часть характеризуется пластинчатым, чешуйчатым или листоватым строением.

Размеры агрегатов талька составляют от 1,6 мм до тысячных долей миллиметра. Первые вскрытые агрегаты талька начинают отмечаться во фракции крупности дробленой руды $-1.6+1.0$ мм.

Поверхность агрегатов талька обычно не ровная. При изучении под биноклем на ней просматриваются углубления различной формы, пустотки от выщелачивания сульфидов или незначительные бугорки, придающие поверхности шероховатость.

Морфологические дефекты проявляются в виде волнистости, искривления поверхности, трещиноватости.

Минеральные включения. Среди минеральных включений в агрегатах талька обнаруживаются магнетит, карбонаты, мусковит, биотит, гидробиотит, амфиболы, сульфиды, гидроксиды железа и другие. Минеральные включения в виде достаточно крупных обособленных выделений можно вскрыть путем измельчения засоренных агрегатов талька на более мелкие частицы. Однако, весьма тонкие частицы, размером в тысячные доли миллиметра, например, магнетита, полностью отделить и удалить механическим путем довольно трудно и практически не представляется возможным. Эта проблема является сложной и для электромагнитной сепарации и флотации. Частичное удаление их может быть осуществлено химическими методами перемешивания.

Минеральные загрязнения проявляются в виде тонких пленок, ржавых и натечных пятен из железистых соединений. Они имеют желтоватый или бурый цвет. Удалить такой вид загрязнений полностью можно только с применением химических способов очистки.

Газовоздушные и водные включения в тальковых частицах представляют собой одиночные и групповые пузырьки. Устанавливаются они под микроскопом при увеличении в 360 раз во всех фракциях крупности, в том числе $-0,005+0,00$ мм. При изучении минерального состава пород по шлифам, при недостаточном увеличении микроскопа, газовоздушные и водные включения в тальке исследователями часто принимаются за глинистые образования.

Твердость талька довольно низкая, по шкале Мооса она составляет 1.

Цвет талька зависит от крупности агрегатов, примесных минеральных включений и загрязнений и т.д., а также от угла освещенности. Преобладающими являются бесцветные агрегаты, серые, белые, желтоватые и зеленоватые, зеленовато-серые, зеленовато-желтые, коричневые и т.д.

Блеск талька различный: стеклянный, стеклянный с перламутровым отливом, матовый, жирный.

Прозрачность. Изучение под биноклем и микроскопом показало, что в мелких кусочках, тонких пластинках и чешуйках бесцветный и слабоокрашенный тальк является прозрачным или полупрозрачным, просвечивающим, а тальк белого цвета является непрозрачным и не просвечивает даже в тонких пластинках в проходящем свете.

Термостойкость. Определялась по изменению цвета, прозрачности и целостности индивидов талька при нагреве. При температуре 850 °С происходит изменение окраски, например, цвет талька в рудах проб №№ Т-1, Т-3 и Т-4 становится кремовым, а пробы № Т-2 – красновато-кремовым. Форма и целостность агрегатов при данной температуре сохраняется. Прозрачность (непрозрачность) и их просвечивающие свойства остаются без изменения.

Прочность агрегатов. При растирании плотные массивные агрегаты талька расщепляются (распадаются) на тонкие пластинки и чешуйки, а пластинчатые и чешуйчатые агрегаты на более мелкие частички. При разрушении может изменяться цвет и прозрачность талька. Например, прозрачный бесцветный массивный тальк при механическом воздействии преобразуется в непрозрачные мелкие чешуйчатые агрегаты.

Взаимоотношение талька с сопутствующими минералами. Тальк довольно резко контактирует с магнезитом, кальцитом, хлоритом, магнетитом, однако, встречаются участки с параллельным переслаиванием агрегатов талька и хлорита, талька и магнезита. Часть агрегатов талька растащены, расплющены между агрегатами магнезита или доломита, создавая при этом вид плоскостей скольжения (например, проба № ГМ-12). По плоскостям «скольжения» тальк обычно непрозрачный и текстура его напоминает волокнистую, параллельно-шестоватую. В некоторых пробах между агрегатами талька и магнезита проявляется промежуточная зона, которую нельзя однозначно отнести к магнезиту или тальку. Соединение талька с сопутствующими минералами довольно прочное, что особенно хорошо устанавливается на каменных агрегатах. В ряде случаев, между плоскостями контакта, отмечаются прослойки из бурых гидрооксидов железа, что особенно характерно для агрегатов талька и магнезита.

Определенной закономерности распределения талька в руде по профилю объекта не установлено. По одним скважинам наблюдается некоторое увеличение талька с глубиной, а по другим – сокращение. Однако в целом отмечается снижение содержания талька с глубиной. Так, если по узкому верхнему слою профиля 10-20 м содержание талька равно 62,8%, то по более глубоко залегающему слою 40-50 м оно снижается до 48%.

Магнезит (брейнерит) встречается в явно кристаллическом виде. Среднее содержание магнезита в рудах равно 30,7%, при изменении в групповых минералогических пробах от 26 до 53%, а в групповых технологических пробах от 2 до 39%. По внешнему виду выделяются серые, бесцветные и буроватые разновидности. В отдельных агрегатах магнезита часто прослеживается слабо выраженная пятнистость, обусловленная наличием серых полупрозрачных участков и более темных участков, напоминающая в таких случаях грануляцию. Блеск стеклянный или стеклянный с перламутровым отливом. Плоскости кристаллического магнезита неровные, в штрихах, бороздках, углублениях. Связь агрегатов магнезита с тальком, доломитом, магнетитом и другими минералами довольно прочная. Контакты агрегатов магнезита с другими минералами большей частью резкие, четкие, однако, наблюдаются случаи образований, когда переход магнезита в тальк происходит по практически неразличимой плоскости. Некоторые минералы располагаются непосредственно в зернах магнезита. Например, таковым в магнезите является магнетит. Распределение магнетита в агрегатах магнезита неравномерное, это отдельные индивиды, их скопления, мелкая сыпь. Зерна магнетита располагаются полностью в объеме агрегатов магнезита или частично выступают за его грани. Из других минеральных образований имеет место редкая вкрапленность неокисленных сульфидов. В некоторых агрегатах магнезита наблюдаются, за счет выщелачивания сульфидов, пустотки, частично заполненные пористыми гидрооксидами железа бурого цвета. Как загрязнение по граням отдельных магнезитовых зерен отмечаются бурые гидрооксиды железа.

Доломит присутствует в виде кристаллических агрегатов большей частью желтоватого цвета. Содержание доломита в одних минералогических пробах может отсутствовать, а других достигать 3%. Наличие его в технологических пробах не превышает 1%.

Кальцит встречен в 4-х минералогических пробах, при содержании от 1 до 3%. Наличие его в технологических пробах не превышает 1%. Отмечается в виде прозрачных или бесцветных, иногда желтоватых, кристаллов.

Кварц установлен в 3-х минералогических пробах, в которых содержание его изменяется от 2- до 22%. В технологических пробах кварц отсутствует, или его содержание не превышает 22%. Представлен он изометричными или вытянутыми прозрачными, замутненными, бесцветными или буроватыми за счет гидрооксидов железа агрегатами. Форма таких агрегатов угловатая, округлая или неправильная. Имеют место довольно крупные индивиды кварца кристаллоподобного облика с размером по длинной стороне 10 мм, по короткой стороне у основания – 5 мм. Головка такого агрегата прозрачная, а основание серое, полупрозрачное (проба № ГМ-6).

Хлорит наблюдается в виде темноокрашенных чешуек, которые при разрушении приобретают темную желтовато-зеленоватую окраску. Обнаруживается в виде отдельных разобщенных скоплений или в виде тонких прожилок. В некоторых случаях отмечается переслаивание агрегатов хлорита с агрегатами талька. Содержание хлорита в минералогических пробах варьирует от 2 до 8%, в технологических пробах от 3 до 5%.

Амфибол (актинолит) отмечен в материале пробы № ГМ-6 (содержание 3%). Представлен бледно-зеленоватыми и зелеными прозрачными индивидами, а также слегка замутненными кристаллами шестоватого или игольчатого облика, длина (высота) которых может быть больше размера основания (поперечного сечения) в 10-20 и больше раз. Поперечное сечение многих кристаллов имеет фигуру, близкую к ромбу. Головки у крупных кристаллических индивидов отсутствуют. У большинства кристаллов видна поперечная параллельная трещиноватость и шестоватость вдоль длинной оси. Индивидуальные вскрытые, свободные от сопутствующих минералов, кристаллы амфибола начинают встречаться с фракции крупности руды – 1,0+0,63 мм.

Мусковит распространен в виде единичных бесцветных прозрачных чешуек размером меньше 0,63 мм.

Биотит представлен редкими, рассеянными, черного цвета чешуйками, величиной меньше 0,63 мм.

Гидробиотит наиболее часто находится в рудах коры выветривания в виде табличек и чешуйчатых агрегатов золотистого или светло-коричневого цвета. Большой частью он концентрируется в агрегатах талька. Размер агрегатов гидробиотита меньше 0,63 мм.

Сульфиды (пирит, халькопирит, борнит и др.) в неизменном состоянии присутствуют в виде редких мелких вкраплений, распределенных в рудах неравномерно. Сосредоточены, в основном, в агрегатах талька, магнезита, доломита, кальцита. Размер агрегатов мельче 0,2 мм.

Магнетит в виде частичек различной величины образует небольшие скопления, находится в виде вкрапленников или мелкой сыпи. В отдельных случаях он слагает жилки в рудной массе, которые секут другие слагающие руду минералы. Часть магнетита в виде механической примеси располагается внутри агрегатов талька, магнезита, доломита и других минералов. В таких агрегатах магнетит располагается хаотично или его частицы собраны в отдельные ориентированные полоски. Величина магнетитовых агрегатов различная и находится в пределах от 0,001 до 1,0 мм. Содержание магнетита в минералогических пробах изменяется от 0 до 3%, в технологических пробах от 1 до 3 %.

Гидрооксиды железа в наибольшем количестве в виде рыхлой или окремненной, достаточно плотной массы приурочены к рудам коры выветривания. В рудах зоны окисления гидрооксиды железа выполняют образующиеся пустотки выщелачивания сульфидов, покрывают тонкой бурой пленкой нерудные минералы и стенки имеющихся трещин.

Монтмориллонит имеет довольно широкое распространение в рудах коры выветривания. Представлен бурой тонкочешуйчатой, плотной или землистой массой. Встречен в одной групповой минералогической пробе № ГМ-6, при содержании 18%.

Типы руд, в зависимости от минерального состава

Анализ выявленного минерального состава руд Чемпаловского проявления указывает на их резкое различие по содержанию присутствующих минералов, что дает основание разграничить природное тальковое сырье с учетом определяющих минералов на три минеральных типа:

- тальцитовый, с содержанием талька больше 75% (например, руда пробы № ГМ-1, в которой талька 83% и руда пробы № ГМ-2, в которой талька 90%);

- талькомагнезитовый, в котором преобладающими являются тальк при содержании 38-66% и магнезит при содержании 26-53 % (например, руда проб с № ГМ-3 по № ГМ-5 и с № ГМ-7 по № ГМ-15). В названии данного типа руд на первое место поставлено главное полезное ископаемое, что соответствует [1, 2]. Выделяемый тип талькового сырья сходен по минеральному составу с талькомагнезитовым типом талькового сырья Шабровского месторождения на Среднем Урале в Свердловской области и Сыростанского месторождения на Южном Урале в Челябинской области [2].

- тальк-кварц-монтмориллонитовый, в котором явно преобладают тальк (50%), кварц (22%) и монтмориллонит (1 %), (например, руда пробы № ГМ-6). Такой тип руд, по нашему мнению, выделяется впервые и является нетрадиционным, ибо в справочнике для геологов он не упоминается [1].

Принимая во внимание практику оценки качества талькового сырья по содержанию основного полезного ископаемого на известных месторождениях РФ тальковые руды Чемпаловского проявления можно подразделить на три сорта:

1. Высокосортные тальковые руды – свыше 75% талька (например, руда проб № ГМ-1 и № ГМ-2);
2. Рядовые тальковые руды – 35-75% талька (например, руда проб с № ГМ-3 по № ГМ-15);
3. Бедные (убогие) тальковые руды – меньше 35% талька (на данном этапе исследований не обнаружены).

Влияние минерального состава на химические свойства тальковых руд

Природные типы руд различаются по химическому составу, в частности, по массовой доле оксидов: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO .

Массовая доля SiO_2 в рудах изменяется от 34,26% до 65,03%, при средней массовой доле 40,64%. Наибольшая массовая доля SiO_2 65,03% отмечается в тальк-кварц-монтмориллонитовом типе руд, что выше средней массовой доли по всем рудам в 1,6 раза. В тальковом типе руд массовая доля SiO_2 варьирует от 55,15 до 55,69% и в среднем составляет 55,42%, а в талькомагнезитовом типе руд массовая доля SiO_2 находится в пределах 34,26-35,95 % (в среднем 35,18 %).

Массовая доля Al_2O_3 по пробам колеблется от 0,45 до 7,06% и в среднем равна 1,62% мас. Самая высокая массовая доля Al_2O_3 7,06% установлена в тальк-кварц-монтмориллонитовом типе руд, в тальцитовом типе массовая доля Al_2O_3 равна 1,99-3,76% (в среднем 2,88%), а наиболее низкая массовая доля Al_2O_3 отмечена в талькомагнезитовом типе руд 0,45-0,87% (в среднем 0,63%).

Массовая доля Fe_2O_3 по пробам изменяется от 2,39 до 8,35% (среднее значение 4,52%). Максимальная массовая доля Fe_2O_3 7,31-8,35% (в среднем 7,83%) приурочивается к выветрелым талькитам. Минимальная массовая доля Fe_2O_3 от 2,39 до 4,82% (в среднем 3,48%) установлена в талькомагнезитовом типе руд. В тальк-кварц-монтмориллонитовом типе руд массовая доля Fe_2O_3 равно 5,68%.

Выделенные нами природные разновидности (минеральные типы) тальковых руд Чемпаловского проявления по содержанию Al_2O_3 и $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ приведены в таблице 1.

Массовая доля CaO по пробам варьирует от 0,17 до 4,84% (в среднем 1,36%), при этом в тальцитовом типе руд она составляет в целом 0,28%, в талькомагнезитовом типе руды 1,47%, в тальк-кварц-монтмориллонитовом – 1,59%.

Массовая доля MgO изменяется по пробам от 12,48 до 34,66% (при среднем показателе 30,34%). Тальк-кварц-монтмориллонитовый тип руд отличается наиболее низкой массовой долей MgO – 12,48%,

талькомагнезитовый тип руд характеризуется наиболее высокой массовой долей MgO – 35,60%, а в талькистовом типе руд массовая доля MgO составляет 25,25%.

Таблица 1

Природные разновидности тальковых руд по определяющим химическим компонентам Al_2O_3 и Fe_2O_3+FeO

Тип руд по основному минеральному составу	Тип руд по массовой доли Al_2O_3		Тип руд по массовой доли Fe_2O_3+FeO	
	малоалюминистые ($Al_2O_3 < 4 \%$)	алюминистые ($Al_2O_3 > 4 \%$)	маложелезистые ($Fe_2O_3 < 2,75 \%$)	железистые ($Fe_2O_3 > 2,75 \%$)
Талькистовый	+			+
Талькомагнезитовый	+			+
Тальк-кварц-монтмориллонитовый		+		+

В химическом составе тальк-кварц-монтмориллонитовом типе руд отмечаются повышенные массовые доли TiO, MnO, Na₂O, K₂O.

Тальковые руды, в зависимости от их минерального состава, различаются также по потерям при прокаливании. Например, для талькистового типа руд потери при прокаливании в среднем составляют 6,34% мас., для талькомагнезитового типа они повышаются до 22,08% мас., а для тальк-кварц-монтмориллонитового снижаются до 6,17% мас.

По количественному химическому составу тальковые руды Чемпаловского проявления сходны с талькомагнезитовым камнем Шабровского месторождения, а также с талькитами и тальк-карбонатными рудами Сысертского месторождения [2].

Физические свойства тальковых руд

Цвет исходных тальковых руд различный. Руды талькистового и тальк-кварц-монтмориллонитового типов характеризуются бурым цветом, а руды талькомагнезитового типа имеют светло-серый цвет. Выветрелые талькомагнезитовые руды отличаются буровато-желтой и светло-кремовой окраской.

Плотность тальковых руд различается в зависимости от их минерального состава. Например, установленная плотность талькистового типа руд равна 2600 кг/м³, талькомагнезитового типа – 3150 кг/м³, тальк-кварц-монтмориллонитового – 2900 кг/м³.

Крепость. В естественном сухом состоянии отдельно взятые кусочки руды довольно крепкие и не рассыпаются при воздействии (раздавливании, растирании) пальцев рук, но при ударе молотком они раскалываются на мелкие частицы. Кусочки руды жирные на ощупь, а их тонкоизмельченные продукты при растирании оставляют тонкий жирный пачкающий пальцы слой.

Текстурно-структурное строение. В кусочках (обломках) руда имеет зернистое массивное строение.

Форма минералов, минеральных агрегатов различная - зернистая, таблитчатая, пластинчатая, чешуйчатая, изометричная, вытянутая, неправильная, столбчатая, игольчатая, нитеобразная и т.д. Величины длины, ширины и толщины кусочков руды самые разнообразные (мм): 20x14x9, 19x10x6, 15x15x6, 14x11x6, 12x11x8 и т.д.

Взаимотношение слагающих руду минеральных агрегатов в дробленых продуктах проб различное. Они находятся как в свободном (вскрытом) состоянии, так и в сростках. Свободные от нерудных минералов агрегаты талька начинают встречаться во фракции –1,6+1,0 мм и мельче. Однако рудные минералы (например, магнетит) встречаются в сростках с тальком даже во фракции –0,05+0,0 мм.

Наличие выветривания. Тальковые руды в разной мере подвергнуты окислению (выветриванию). Полученный комплекс сведений по минеральному сложению, химическому составу и физическому состоянию руд дал основание выделить по интенсивности окисления следующие разновидности руд:

- руды зоны интенсивного окисления (коры выветривания);
- руды зоны окисления;
- руды зоны слабого окисления (переходной зоны);
- руды первичные (неокисленные).

Тальковые руды зоны интенсивного окисления характеризуются: темной (бурой) окраской; полным отсутствием неокисленных сульфидов и развитием на их месте оксидов и гидроксидов железа; наличием пустот не только за счет выщелачивания сульфидов, но и за счет выщелачивания карбонатов; образованию монтмориллонита; наличием сцементированных агрегатов, представленных устойчивыми к выветриванию минералами и цементом; значительным количеством «охристого» вещества и резким преобладанием в химическом составе Fe^{3+} над Fe^{2+} ; возможным частичным естественным обогащением тальковых руд основным полезным ископаемым – тальком за счет изменения количественного соотношения минералов при выщелачивании карбонатов. Отношение $FeO:Fe_2O_3$ ориентировочно меньше 0,3.

Тальковые руды зоны окисления характеризуются серой окраской, практически полным отсутствием неокисленных сульфидов, незначительным выщелачиванием карбонатов, наличием небольшого количества гидрооксидов железа и «охристого» вещества. Отношение $FeO:Fe_2O_3$, ориентировочно, от 0,3 до 0,7.

Тальковые руды зоны слабого окисления (переходная зона) характеризуются совместным наличием в них окисленных и неокисленных сульфидов, светлой (светло-серой) окраской, малым количеством гидрооксидов железа и охристого вещества. Отношение $FeO:Fe_2O_3$, ориентировочно, от 0,7 до 1,0.

Тальковые руды первичные (неокисленные) характеризуются отсутствием окисленных сульфидов, светлой (светло-серой или белой) окраской, отсутствием гидрооксидов и охр железа. Отношение $FeO:Fe_2O_3$, ориентировочно, больше 1,0.

Радиационно-гигиеническая оценка тальковых руд. Лабораторное гамма-спектроскопическое исследование лабораторных групповых технологических проб тальковых руд показало, что содержание естественных радионуклидов и величина их эффективной активности ниже допустимой нормами радиационной безопасности НРБ-99 и соответствует требованиям СП 2.6.1.798-99 и ГОСТ 30108-94 для строительных материалов. Искусственных радионуклидов не обнаружено. Таким образом, тальковые руды пригодны для применения в промышленных условиях.

Оценка тальковых руд на возможность применения без обогащения

Целесообразность промышленного применения исходных тальковых руд Чемпаловского проявления была установлена на продуктах лабораторных групповых технологических проб №№ Т-1, Т-2, Т-3 и Т-4. При этом было установлено, что природные типы руд, входящие в состав отдельных технологических проб, имеют различные наименования в зависимости от условий их определения (по данным полевой геологической документации и по результатам лабораторных определений, таблица 2).

Таблица 2

Типы тальковых руд в составе технологических проб по данным первичной геологической документации и результатам лабораторных исследований

Тальковая руда технологической пробы №	Тип руды по данным первичной (полевой) документации	Тип руды по результатам лабораторных исследований
Т-1	1. Тальк-карбонатный коры выветривания, окисленный – 100% (пробы №№ ГМ-1, ГМ-2, ГМ-3, ГМ-4, ГМ-5). 2. Не выделен	1. Талькитовый зоны интенсивного окисления (коры выветривания) – 40% (пробы №№ ГМ-1, ГМ-2). 2. Талькомагнезитовый зоны окисления – 60% (пробы №№ ГМ-3, ГМ-4, ГМ-5)
Т-2	Карбонат-тальковый (талькиты) коры выветривания (проба № ГМ-6)	Тальк-кварц-монтмориллонитовый зоны интенсивного окисления (коры выветривания) (проба № ГМ-6).
Т-3	1. Тальк-карбонатный, свежий, плотный – 100% (пробы №№ ГМ-7, ГМ-8, ГМ-9) 2. Не выделен	1. Талькомагнезитовый зоны первичных руд – 33% (проба № ГМ-7). 2. Талькомагнезитовый зоны слабого окисления (переходная зона) – 67% (пробы №№ ГМ-8, ГМ-9)
Т-4	Карбонат-тальковый (талькитовый), свежий, плотный – 100% (пробы с № ГМ-10 по № ГМ-15)	Талькомагнезитовый зоны первичных руд – 100% (пробы с № ГМ-10 по № ГМ-15)

Для определения оценки тальковых руд на возможность применения без обогащения (помимо минерального состава) дополнительно были установлены требуемые соответствующими ГОСТами на тальковую продукцию следующие технические показатели: массовая доля MgO 12,93-34,79%; массовая доля CaO 0,46-2,22%; массовая доля для прокаленного нерастворимого в HCl остатка (53,96-81,94%); потери массы при прокаливании (6,29-22,54%); массовая доля соединений железа, растворимых в HCl , в пересчете на Fe_2O_3 (4,25-4,75%); массовая доля водорастворимых веществ (0,0016-0,027%); величина концентрации водородных ионов (рН) (8,86-9,63%); массовая доля ионов хлора в водной вытяжке (0,003-0,006%); массовая доля ионов SO_4 в водной вытяжке (0,007-0,041%); массовая доля железа в пересчете на Fe_2O_3 (6,77-8,05%); массовая доля меди (0,0014-0,0044%); белизна (19,6-58,8) и др.

По комплексу технических показателей (по совокупности физических и химических свойств) необогащенная тальковая руда на примере проб №№ Т-1, Т-3 и Т-4 отвечает требованиям только одного ГОСТ, а именно ГОСТ-21235 «Тальк и талькомагнезит молотые. Технические условия» для талькомагнезитового продукта марки ТМП – талькомагнезит молотый для пестицидных препаратов, и марки ТМН – талькомагнезит молотый для наполнения. Для получения молотого талькомагнезита необходимо дробить (молоть) руду до крупности меньше 0,1 мм. Молотый талькомагнезит предназначен для производства пестицидных препаратов в химической

промышленности (марка ТМП) и в качестве наполнителя в кровельной и гидроизоляционной отраслях промышленности (марка ТМН).

По аналогии с использованием тальк-магнезитового камня Шабровского месторождения, исходные невыветрелые (свежие, плотные) тальковые руды Чемпаловского проявления в перспективе могут быть применены в виде естественного камня в металлургической и цементной промышленности, возможно и в других областях.

Что касается тальковой руды лабораторной технологической пробы № Т-2, то она не может быть применена в качестве талькового или талькомагнезитового сырья для получения продукта, относимого ГОСТ 21235-75 к молотому тальку или молотому талькомагнезиту, из-за низкого содержания талька (40%) и магнезита (2%). Высокая массовая доля прокаленного нерастворимого остатка (81,94%) в ней обеспечена, скорее всего, за счет кварца, содержание в руде которого составляет по данным РКФА 22%, и монтмориллонита, содержание которого равно 18%. Учитывая низкое содержание талька, сделать конкретные выводы о практическом применении необогащенной тальковой руды пробы № Т-2 затруднительно без постановки специальных узконаправленных исследований по целевому назначению.

По комплексу выявленных технических свойств тальковых руд было установлено, что они могут служить источником для получения обогащенного талька (талькового концентрата), который находит более широкое применение и тем самым создаст более развитую возможность использования исходного минерального сырья.

Обогащение тальковых руд

Исходя из малой природной величины агрегатов талька (меньше 1.6 мм) в рудах и большого количества сопутствующих ему минералов (около 20) извлечение его в концентрат производилось флотацией. Переработка тальковых руд способом флотации показало их удовлетворительную обогатимость с получением концентратов не только талька с высоким содержанием основного компонента, но и концентратов попутных компонентов многоцелевого назначения.

Испытания проводились на тальковых рудах, измельченных до крупности частиц меньше 0,1 мм. В измельченном продукте содержание наиболее флотоактивных частиц фракции $-0,071+0,0$ мм находилось в пределах 81-87%. Выделение вскрытого талька в концентрат осуществлялось с применением основной флотации в один этап, при этом были использованы такие флотореагенты, как сосновое масло, АНП и жидкое стекло. Применение двух последующих перечисток способом флотации и одной перечистки конечного талькового промпродукта мокрой электромагнитной сепарацией способствовало получению наиболее качественных тальковых концентратов. Способом электромагнитной сепарации удалялись такие засоряющие минералы как хромит, актинолит, магнетит, гематит, гидроксиды железа и гидроксиды марганца, и др. Хвосты (отходы) основной флотации объединялись с хвостами первой и второй флотационных перечисток и хвостами (отходами) мокрой электросепарации в общие хвосты. Основные технологические показатели обогащения тальковых руд приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные технологические показатели обогащения тальковых руд

Показатель	Руда пробы №				
	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	Среднее по 4-м пробам
Выход концентрата талька, %	41,99	16,10	37,07	40,00	33,79
Содержание талька в концентрате, %	94,00	98,00	95,00	95,00	95,05
Извлечение талька, %	80,55	39,45	66,45	63,33	63,60
Степень обогащения	1,92	2,45	1,79	1,58	1,88
Степень сокращения	2,38	6,21	2,70	2,5	2,96
Выход хвостов, %	58,01	83,90	62,93	60,00	66,21
Содержание талька в хвостах, %	16,43	28,87	28,25	36,67	27,76
Содержание талька в исходной пробе, %	49,00	40,00	53,00	60,00	50,50
Выход руды на получение 1 т концентрата талька, т	2,38	6,21	2,70	2,5	2,96

Выход талькового концентрата при обогащении руд в среднем составляет 33,79%, при изменении по отдельным типам от 16,1% (проба № Т-2) до 41,99% (проба № Т-1).

Содержание талька в концентратах высокое и составляет в целом 95,05%, при минимальном содержании 94% в пробе № Т-1 и максимальном содержании 98% в пробе № Т-2. Содержание талька в концентратах проб № Т-3 и № Т-4 одинаковое и равно 95%.

Извлечение талька по всем типам руд в общем достигает 63,60%, при максимальном извлечении 80,55% из руды пробы № Т-1 и минимальном извлечении 39,45% из руды пробы № Т-2.

Основными слагающими концентрат минералами являются тальк – 94-98%, магнезит – 2% и хлорит от 3 до 4%, кварц – 2%, при этом хлорит отсутствует в концентрате из руды пробы № Т-2, а кварц обнаружен только в тальковом концентрате из руды пробы № Т-2 (таблица 4).

Минеральный состав концентратов талька по данным РКФА

Концентрат талька из руды пробы №	Содержание минералов, % мас.			
	Тальк	Магнезит	Хлорит	Кварц
Т-1	94	2	4	-
Т-2	98	-	-	2
Т-3	95	2	3	-
Т-4	95	2	3	-

Гранулометрический состав концентратов приведен в таблице 5.

Таблица 5

Гранулометрический состав тальковых концентратов

Фракция крупности концентрата, мм	Содержание фракций крупности, в %, по пробам руд №№:				
	Т-1	Т-2	Т-3	Т-4	Среднее по 4-м пробам
-0,1+0,09	1,2	0,3	1,0	1,5	1,0
-0,09+0,05	22,4	16,9	19,0	26,4	21,2
-0,05+0,04	3,8	8,3	8,4	7,6	7,0
-0,04+0,02	38,2	37,8	38,5	34,3	37,2
-0,02+0,01	13,5	14,3	12,9	10,1	12,7
-0,01+0,005	5,1	6,9	4,9	4,3	5,3
-0,005+0,0	15,8	15,5	15,3	15,8	15,6

Анализ гранулярного состава тальковых концентратов различных проб указывает на практически одинаковый их состав в пробах по узким фракциям крупности вне зависимости от типа природных типов руд, обогащаемых с начальной крупностью $-0.1+0.0$ мм.

Технические показатели тальковых концентратов следующие: массовая доля MgO 26,52-30,74%; массовая доля CaO 0,13-0,77%; массовая доля для прокаленного нерастворимого в HCl остатка 89,58-91,91%; потери массы при прокаливании 5,89-6,83%; массовая доля соединений железа, растворимых в HCl, в пересчете на Fe₂O₃ 0,35-1,82%; массовая доля водорастворимых веществ 0,23-0,32%; величина концентрации водородных ионов (pH) 8,10-8,98%; массовая доля ионов хлора в водной вытяжке 0,005-0,007%; массовая доля ионов SO₄ в водной вытяжке 0,018-0,023%; массовая доля железа в пересчете на Fe₂O₃ 2,54-4,31%; массовая доля меди 0,00338-0,00488%, массовая доля мышьяка 0,00002-0,00032%; белизна 30,3-65,7%.

По установленной технической характеристике тальковые концентраты пригодны для широкого комплексного применения в промышленности. Они отвечают требованиям четырех ГОСТ на многообразную тальковую продукцию (таблица 6).

Таблица 6

Соответствие требованиям ГОСТ технической характеристики тальковых концентратов

ГОСТ	Марка талька по ГОСТ	Тальковый концентрат из руды пробы №			
		Т-1	Т-2	Т-3	Т-4
21235-75 Тальк и талькомагнезит молотые. Технические условия.	ТП тонкомолотый	+	+	+	+
	ТП среднемолотый	+	+	+	+
	ТМП 1 сорт	+	+	+	+
	ТМП 2 сорт	+	+	+	+
	ТМН	+	+	+	+
21234-75 Тальк молотый для керамической промышленности. Технические условия.	ТМК-28	-	-	-	+
	ТМК-27	+	-	+	+
	ТМК-24	+	+	+	+
19729-74 Тальк молотый для производства резиновых изделий и пластических масс. Технические условия.	ТРПН	-	-	-	-
	ТРПВ	+	-	+	+
879-52 Молотый тальк для бумажной промышленности. Технические условия.	А 1 сорт	-	-	-	-
	А 2 сорт	-	-	-	-
	В 1 сорт	+	+	+	+

Примечание: "+" тальковый концентрат соответствует требованиям ГОСТ; "-" тальковый концентрат не соответствует требованиям ГОСТ.

С целью расширения перспектив использования тальковых концентратов в необходимых случаях можно проводить их кислотную обработку (перечистку) или разработать соответствующие ТУ на новую тальковую продукцию в соответствии с техническими показателями, предъявляемыми потребителями. Перечищенные концентраты можно будет применять в качестве талькового продукта, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 13145-67 «Тальк для кабельной промышленности. Технические условия», ГОСТ 20706-75 «Микротальк для кабельной промышленности. Технические условия», ГОСТ 19284-79 «Микротальк для лакокрасочной и карандашной промышленности. Технические условия», и в других направлениях. После химической обработки белизна тальковых концентратов обычно увеличивается на 11,1-74,9% отн. Например, для концентрата пробы № Т-1 белизна повышается на 39,6 % отн. (с 48,7 до 68%), для концентрата пробы № Т-2 на 74,9% отн. (с 30,3 до 53%), для концентрата пробы № Т-3 на 23,1% отн. (с 58,5 до 72%), а для концентрата пробы № Т-4 на 11,1% отн. (с 65,7 до 73%).

Величина удельной эффективной активности естественных радионуклидов тальковых концентратов удовлетворяет требованиям СП 2.6.1.798-99 и ГОСТ 30108-94 для строительных материалов.

Анализ полученных технологических показателей извлечения талька в концентрат, оценки его технических свойств и установленные возможные области применения позволяет отнести выделенные три природных типа руд, различающиеся по минералогическому признаку, химическому составу, физическим свойствам и степени выветривания, к одному технологическому типу по способу обогащения, представленного флотацией.

Ресурсы талька на изучаемом объекте рекомендуется учитывать по извлекаемому в концентрат тальку, а находящийся в тонких фракциях в сростаниях с магнезитом и другими минералами тальк, как неизвлекаемый, не учитывать.

Комплексное освоение тальковых руд

Каждый природный тип руд, выделенный на объекте, может перерабатываться самостоятельно или в смеси с другими типами руд. При раздельной переработке, помимо получения талькового концентрата, в зависимости от типа руд происходит формирование хвостов трех минеральных видов, которые по своим физическим и химическим свойствам представляют промышленный интерес. Один из них сложен преимущественно магнезитом и тальком, другой – кварцем и монтмориллонитом, а третий – железосодержащим продуктом. Установлено, что первый вид хвостов тальк-магнезитового состава, выход которых составляет 42,0-43,20%, пригоден к использованию в качестве талькомагнезитового продукта, отвечающего по качеству требованиям ГОСТ 21235-75. Хвосты второго вида кварц-монтмориллонитового состава, выход которых составляет 78,30 %, могут быть применены в производстве керамических материалов. Выход хвостов третьего вида, характеризующихся повышенным содержанием железа, в среднем достигает 14,50%, при колебаниях по пробам от 5,60% до 19,83%. Содержание железа (Fe_2O_3+FeO) в этих хвостах (концентратах) достигает от 13,45% до 25,61% и в среднем составляет 19,16 %. Однако по содержанию железа концентраты не всегда считаются кондиционными [3]. Дополнительных затрат на получение попутных продуктов не потребуется, так как расходы на добычу и переработку полиминерального сырья будут отнесены на производство основного полезного ископаемого, т.е. талька. Выявленная возможность использования талькомагнезитовых хвостов позволяет рекомендовать их в качестве источника талькомагнезитового сырья и учитывать в недрах месторождения, наряду с основным полезным ископаемым – тальком.

Таким образом, на основании полученных результатов по комплексной технологической оценке слагающих минералов, можно судить о тальковых рудах Чемпаловского проявления как о новом источнике минерального сырья, пригодного для многотоннажного производства талька, железного концентрата и талькомагнезитового продукта различного назначения. Использование предлагаемой технологии безотходной переработки тальковых руд позволит сохранить экологическую обстановку на территории горно-обогатительного предприятия и повысить эффективность освоения месторождения.

Дальнейшее изучение талькового проявления (месторождения) должно сопровождаться технологическим картированием с целью выделения природных (технологических) сортов талька, различающихся по физическим (например, коэффициенту отражения) и химическим свойствам, что в перспективе позволит расширить его комплексное применение без усложнения подготовительных работ, а, следовательно, и без их удорожания при производстве высококачественных тальковых концентратов. Одновременно необходимо проводить работы по оценке талькомагнезитового сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романович И.Ф., Саитгалеев Я.Х., Рахматуллин Э.Х. Минеральное сырье. Тальк и пирофиллит // Справочник. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 37 с.
2. Геология СССР. Том XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Полезные ископаемые. М.: Недра, 1973. 632 с.
3. Магнетитовые руды Кустанайской области и пути их использования. Железорудные месторождения. М.: АН СССР, 1958. 491 с.