

Во-вторых, апатит образует тонкую неравномерную вкрапленность в кварц-опаловом агрегате. Размер зерен апатита - первые микрометры. В обоих случаях периферийная часть таких образований сформирована опалом. Это, с одной стороны, затрудняет диагностику апатита. Как правило, такие образования визуально принимаются за опал. С другой стороны, такое своеобразное строение апатитсодержащих агрегатов, видимо, в значительной степени определяет технологические свойства руд. Наличие опаловой рубашки негативно влияет на люминесцентные и флотационные свойства апатита, что делает практически невозможным его выделение методами РРС и флотации.

В заключение следует отметить, что современный подход к изучению состава и строения окисленных марганцевых руд Порожинского месторождения, основанный на данных количественного минералогического анализа, позволил выявить ряд особенностей руд, непосредственно определяющих их качество. Полученные результаты в значительной степени отличаются от ранее известных данных по минералогии этих руд и логично объясняют неэффективность применяемых технологий их обогащения.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОМ КОМБИНАТЕ (НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД)

Пирогов Б.И.

ФГУП «ВИМС», Москва, pirogov_bi@inbox.ru

«Всесторонняя характеристика минералов как продуктов природных процессов, конечно, прерогатива собственно минералогической науки. Начало деятельности технологической минералогии может устанавливаться строго и объективно. Только полный совместный учет природных и техногенных качеств открывает возможность рационального использования сырья и интенсивного ведения технических процессов» (Д.П. Григорьев, 1988[1])

По запасам железных руд Россия занимает первое место в мире: на ее долю приходится почти треть мировых запасов ~ 100 млрд. т. Более половины - это крупные месторождения с запасами более 1 млрд. т в каждом. В обзоре ВИМСа [2] по состоянию минерально-сырьевой базы отечественной металлургии подчеркивается, что основным промышленным типом месторождений, в которых сосредоточена большая часть балансовых месторождений, являются железистые кварциты КМА, Кольского п-ва. Второй по значению тип – это скарново-магнетитовые руды месторождений Урала, Кузбасса, Приангарья и Южной Якутии. Подчиненное значение имеют другие промышленные типы. Однако, в разведанных российских месторождениях средние содержания Fe - 30-35%, что существенно уступает мировому уровню разрабатываемых гематит-мартит-магнетитовых месторождений Австралии, Индии, Бразилии, других регионов с содержанием Fe = 55-60%.

Огромные масштабы приняла сегодня открытая разработка железных руд различных генетических типов на крупных горно-обогачительных комбинатах России и стран СНГ. В СССР только в 80-е годы добывалось более 50% руд в карьерах с годовой производственной мощностью 20 млн. т и более. Средняя же мощность карьеров ГОКов, на долю которых приходилось более 85% добычи сырой руды, превысила 16 млн. т в год. Причем более одной трети всех руд добывалось из карьеров глубже 250 м (например, до 320 м — Сарбайский, Соколовский карьеры). Значительно увеличился объем вскрышных работ, в частности, объем скальной горной массы возрос на 22%. Широкое развитие получила циклично-поточная технология на добычных и вскрышных работах в России и на Украине. Произошли существенные сдвиги и в совершенствовании технологии обогащения железных руд. Так, на Лебединском ГОКе освоена технология получения магнетитовых концентратов с содержанием железа 70% для производства металлизированных окатышей на Оскольском электрометаллургическом комбинате. На многих предприятиях внедрена технология сухой магнитной сепарации на первой стадии обогащения, что позволило обеспечить повышение содержания Fe в концентрате (например, по ЦГОКу на 0.4-0.8%). Получила дальнейшее развитие проблема комплексного использования сырья.

На современном ГОКе геологическая служба является важнейшим звеном в технологической цепи добычи и обогащения руд. Особо возрастает ее роль в связи с концентрацией производства, внедрением циклично-поточной технологии добычи руд, необходимостью обеспечения обогачительных фабрик усредненным сырьем не только с учетом качества руд, но и их физико-механических и технологических свойств.

Сегодня особенно стал значимым системный инновационный подход к минералого-технологической оценке различных видов минерального сырья (МС), как природного, так и техногенного, на основе рационального сочетания методов рудоподготовки и передела при комплексном извлечении полезных компонентов с получением широкого спектра ликвидных товарных продуктов и новых нетрадиционных видов МС [2]. Оценивая в целом минералого-технологическую эволюцию недр в горнорудном производстве,

необходимо учитывать, что сквозные потери полезных ископаемых складываются из потерь: 10-30% - при добыче, 20-40% - при обогащении, 10-15% - при химико-металлургическом переделе. Важно учитывать, что в техносфере горнопромышленных комплексов миграция вещества происходит по схеме: *извлечение из недр → переработка в промышленных технологических цепочках → образование водоемов-хвостохранилищ → минералого-геохимические преобразования отвалных хвостов с осаждением илов и миграцией химических элементов → осаждение их на геохимических барьерах (в частности, перемычках и дамбах) → выход на ландшафт и участие в биологическом круговороте* [3]. Формирование эффективной системы недропользования при добыче и переработке МС на основе комплексного освоения и использования всей совокупности ресурсов недр относится к сложному многоэтапному и непрерывному процессу глубоких теоретических, методологических исследований, обобщений, моделирования и практических проработок, диагностики, координации, мониторинга и коррекции. Требуется пересмотра традиционных подходов и понимания многих экономических категорий, принципов, методов, оценок [4].

Переход от описательной методологии в минералогии к методологии генетического анализа полезных ископаемых (ПИ) в динамическом аспекте позволил на основе теоретических и практических решений дать научное толкование многих проблем, связанных с технологией их переработки. Это послужило основанием к созданию нового научного направления прикладной минералогии – **технологической минералогии, объединяющей минералогические и технологические исследования, связанные с изучением вещественного состава, текстурно-структурных признаков ПИ, технологических свойств минералов (ТСМ) на макро-, микро- и наноуровне в эволюции единой геолого-техногенной системы (ЕГТС), направленные на комплексное использование минерального сырья, разработку рациональных и экологически чистых технологий.** Она позволяет с единых позиций проследить весь ход изменений минерального вещества (МВ) литосферы через технологию обработки и переработки до накопления в литосфере отходов [5].

В практике обогащения Fe руд различных генетических типов удалось выявить и проследить целый ряд характерных особенностей поведения рудных и нерудных минералов. **Непосредственно на ГОКе - в динамике разработки и переработки руда «оживает» - «просыпается» от долгой природной геолого-генетической «спячки». Именно здесь удастся проследить, как в эволюции природно-техногенного гранулометрического спектра и кристаллохимических особенностей минералов руд в различных энергетических полях ЕГТС формируются их технологические свойства.** Причем, даже в пределах одного и того же месторождения минералы в технологии нередко ведут себя по-разному, что четко прослеживается методами ТМ.

Внедрение на ГОКе при исследовании и оценке минералого-технологических особенностей вещественного состава руд методологии и принципов ТМ позволило четко обозначить современные проблемы, связанные с различными аспектами добычи и обогащения руд (рис. 1).

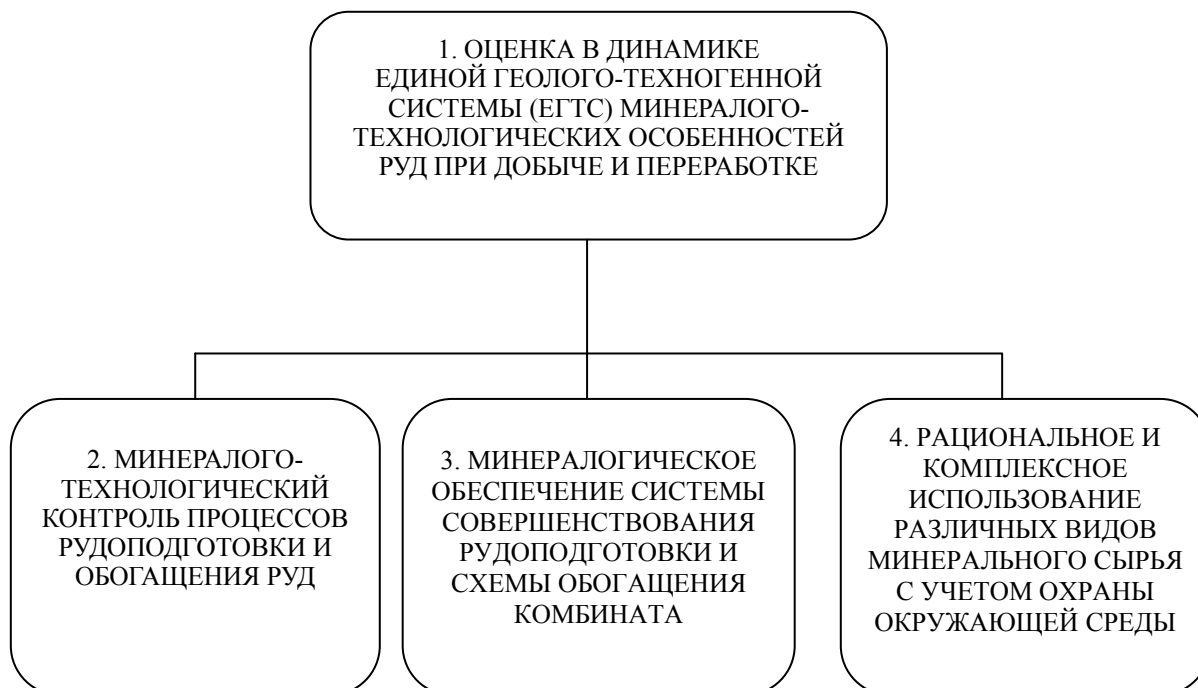


Рис. 1. Современные проблемы технологической минералогии на ГОКе

ПРОБЛЕМА 1 связана с оценкой в динамике эволюции минералого-технологических особенностей руд при добыче и переработке. При этом следует иметь в виду, что именно изменчивость ТСМ определяет основные факторы обогатимости руд с учетом их минералого-геохимической и экологической специализации, отражая круговорот МВ в Природе и Технологии на различных уровнях его организации: *индивид (кристалл, зерно, частица) → агрегат (агрегат обломочных малых частиц) →*

рудное тело → минералогическая аномалия (отвалы пустых пород и некондиционных руд, хвостохранилища – будущие техногенные МПИ) → минералогическое поле ЕГТС охватывает физическое, вещественное и энергетическое пространство, в котором минерал развивается во взаимосвязи со средой (природной и технологической), эволюционируя под действием внешних и внутренних факторов, распадаясь на системы «минерал», два типа «сред» и взаимосвязи между ними [6-7].

В схеме структуры основных геолого-минералогических факторов (ГМФ) обогатимости руд (рис. 2) выделяются: *группа общегеологических факторов*, которая связана с формированием геолого-структурной позиции оруденения, составом вмещающих пород и генетических особенностей руд, обуславливающих ТСМ и руд, их изменение во времени и пространстве, а так же эффективность применения различных методов обогащения, позволяет оценивать технологические особенности руд разных генетических типов. Она же определяет систему геолого-технологического картирования (ГТК) месторождений и прогноз обогатимости руд.

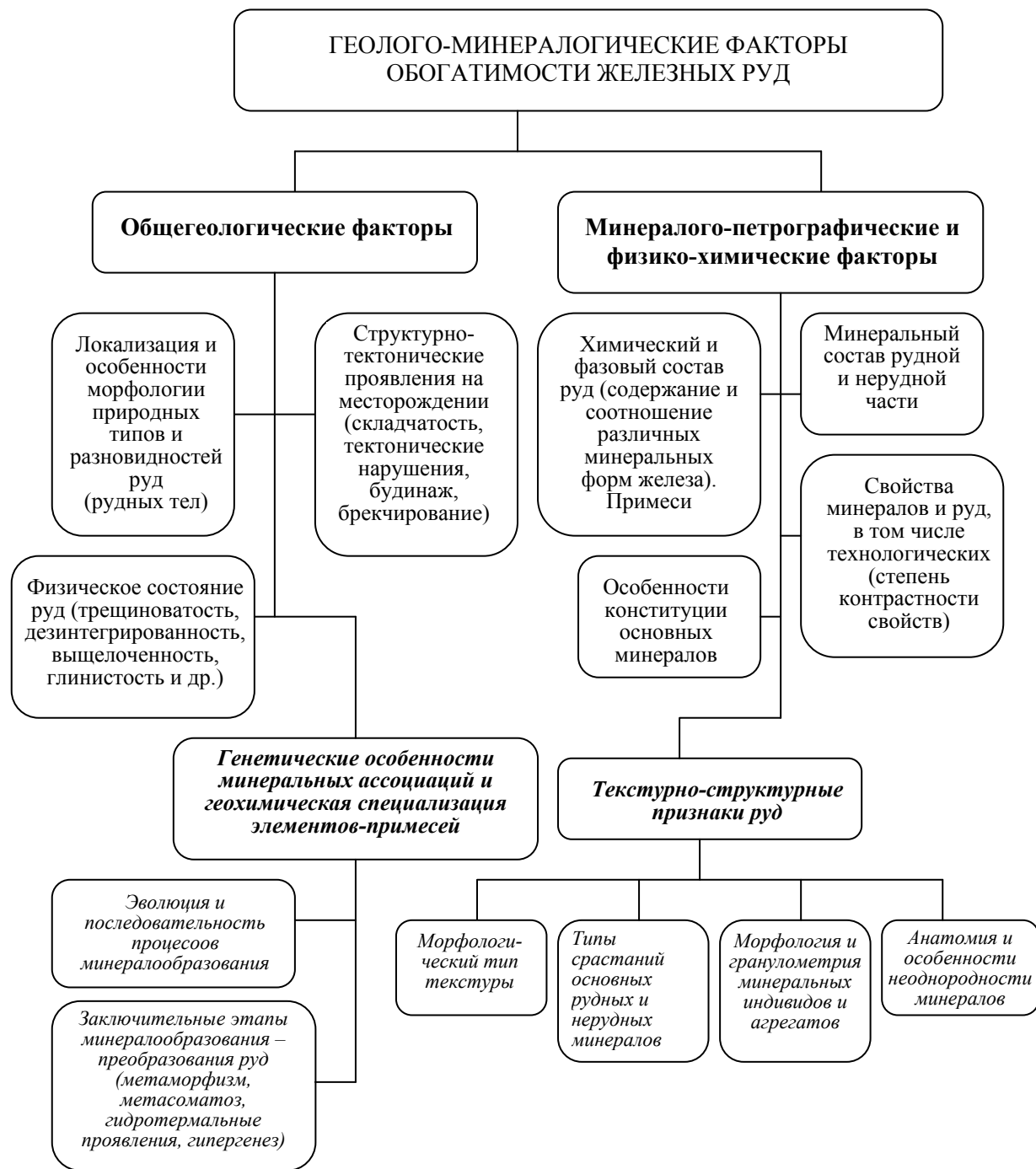


Рис. 2. Структура основных геолого-минералогических факторов, определяющих обогатимость железных руд

Группа минералого-петрографических и физико-химических факторов, развивая и углубляя в целом представления о динамике формирования технологических особенностей и свойств минералов и руд, позволяет дать количественную оценку показателей обогатимости руд и ТСМ на основе выявления их типоморфных признаков для каждого генетического типа руд.

В конечном итоге, обе группы факторов при глубокой и всесторонней минералого-технологической оценке руд с использованием ГТК позволяют обеспечить рациональную систему рудоподготовки и усреднения сырья на ОФ, а с помощью минералого-технологического контроля – высокую эффективность и комплексность извлечения. В целом проявление упругих, пластических и хрупких деформаций, особенно двух последних, определяют практически все изменения формы и внутреннего строения минералов (скольжение, двойникование, блокирование, разделение индивида на части, скалывание, истирание). Как следствие, это приводит к изменению технологических характеристик, как степени раскрытия минералов при измельчении, так и качества продуктов сепарации. Отличительной чертой метаморфизма Fe руд является их сложная дислоцированность и относительная механическая подвижность. Деформации проявляются дифференцированно, наряду с подвижностью одних слоев подчеркивается хрупкость других. При этом соотношение динамометаморфизма и рудных проявлений усложняется относительно хорошей растворимостью рудных минералов или их подвижностью, что проявляется в повышенной способности к перекристаллизации (или рекристаллизации при изменении pH среды). Проявляющийся метасоматоз в связи с дислокациями нередко вызывает сильное искажение не только состава и формы рудных тел (в том числе, минералов), но и появление новых рудных тел. В конечном итоге это существенно отражается на их технологических особенностях – качество магнетитового концентрата снижается на 1-5%. Поэтому на всех этапах генезиса минералы следует рассматривать, как продукты сложных связей деформации и химических реакций, в которых тектонические силы занимают одно из ведущих мест (**физика управляет химией!**). Потому в связи с формированием и изменением технологических особенностей руд в оценке структурно-тектонического фактора крайне важно выявить и проследить динамику деформаций на разных уровнях: *месторождение* → *рудное тело* → *агрегат минералов* → *индивид*.

На рис. 3-А (фрагмент ГТК карьера ЮГОКа, Украина) показано переслаивание разновидностей магнетитовых кварцитов (технологических сортов) от лежачего бока к центру толщи - малорудных (YII сорт) → карбонат-силикатсодержащих (III) → собственно магнетитовых (I) → гематитсодержащих (IY) с различным типом складчатости и тектоникой двух направлений. По данным технологического опробования рис. 3-Б (фрагмент ГТК карьера ИнГОКа, Украина) заметно в толще кварцитов снижение содержаний Fe и β (Fe в концентрате). Так, в участках проявления будинажа кварцевых слоев, связанных с процессами разлинзования и грануляции магнетита, содержание Fe в концентрате падает с 63-66% (и >66%) до 63-60%. На рис.3, В-Г в сложноскладчатых структурах толщи переслаивающихся магнетитовых (II) и магнетит-гематитовых (IY) кварцитов Михайловского месторождения КМА (фрагменты ГТК МихГОКа) показаны морфолого-структурные преобразования их минералогических и технологических характеристик в связи со складчатостью и кливажом. Кливаж разлома и скольжения связан с сериями мелких кулисных микроскладок, асимметричных складок с некоторыми элементами их проволочивания, с развитием в отдельных участках зон милонитизации. Все это существенно повлияло на рекристаллизацию и разделение индивидов магнетита на части, обусловив появление значительного количества зерен и обломочных малых частиц (ОМЧ) размером менее 30 мкм (соответственно 60 и 62% в пр. 2387 и 2388) в южной части месторождения. Причем кварц также при этом подвергается тонкому дроблению и перетиранию, что в конечном итоге сказывается на резком изменении β (соответственно 60,9 и 60,3%) по сравнению с кварцитами северной части месторождения, где получил развитие кливаж течения (пр.2381, β =65,8%), характеризующийся развитием более крупных выделений магнетита (M_{30} здесь составил только 35%).

В замке складки заметно увеличение содержаний магнетита и мушкетовита, подчеркивающих роль стресса, при котором рудные скопления в зависимости от поля напряжений будут перераспределяться (нагнетаться) в замковые части складок с формированием мозаичного магнетита (с возрастанием коэрцитивной силы минерала в 3-10 раз по сравнению с магнетитом свободной кристаллизации), либо вытягиваться вдоль линейности слоев кварцита с формированием ленточно-сростковых структур магнетита, либо заполнять зоны хрупкого дробления. Поэтому с увеличением содержания магнетита в замке складки (пр. 2385, Fe_M =32%) при травлении выявляется тонкозернистость (блоковость) магнетита и β =63,6% ниже, чем в пр. 2381, где в магнетите после травления не выявляется мозаичность. Таким образом, проведенный анализ показывает, что для каждого генетического типа руд при проведении ГТК исследовать характер деформаций на фоне структурно-тектонических преобразований в связи с явлениями перекристаллизации, рекристаллизации и других особенностей в ассоциациях основных сосуществующих минералов, особенно в связи с их дальнейшими преобразованиями на разных этапах рудоподготовки. В конечном итоге, это поможет обеспечить рациональное усреднение руд при обогащении.

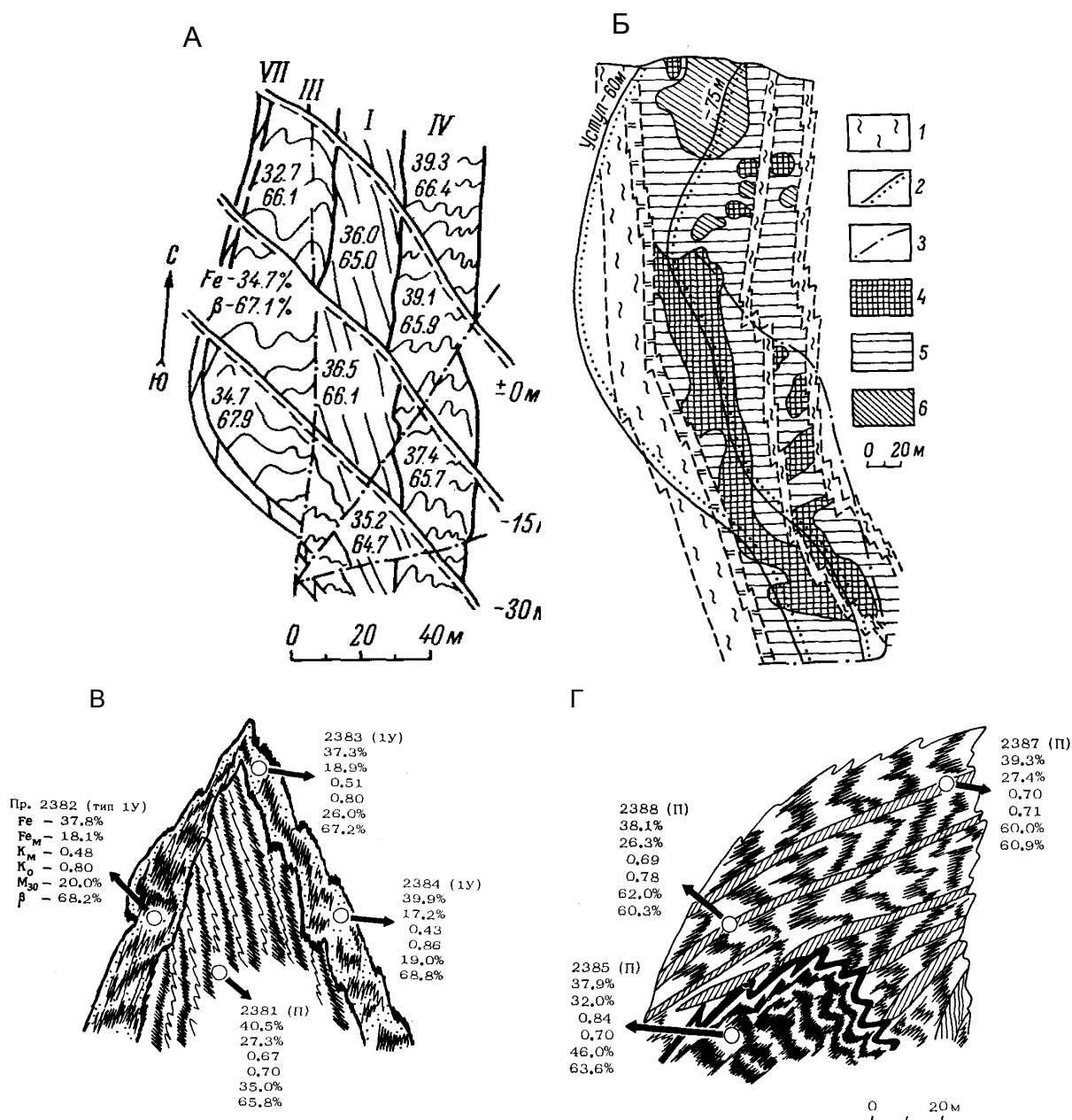


Рис. 3. Геолого-структурные особенности в толщах кварцитов, влияющие на изменчивость характеристик вещественного состава и качество концентрата: А – микроскладки, тектоника - ЮГОК (измельчение 95% кл. -0,074 мм); Б – будинаж, тектоника – ИнГОК (измельчение 95% Кл. -0,050 мм); В, Г – микроскладки, кливаж – МихГОК (измельчение 95% Кл. -0,050 мм); Fe_М – железо магнетита, K_М – коэффициент магнитности, K_О – коэффициент окисленности, M₃₀ – содержание зерен магнетита крупностью 30 микрон, β – содержание железа в концентрате

Проводя минералого-технологическую оценку на базе ГМФ, следует учитывать, что закономерности изменчивости минерального состава и текстурно-структурных признаков руд определяются: особенностями минералого-геохимической зональности рудных тел (толщ) и характером ее проявления, специализацией и фазовым составом минеральных ассоциаций основных рудных и нерудных минералов, их кристалломорфологией, гранулометрией, изменением железистости сосуществующих с магнетитом нерудных минералов. При этом важно выявить динамику взаимосвязи ТСМ с их морфологией и конституцией, т.е. увязать с генезисом руд на фоне конкретной геолого-структурной ситуации месторождения. На рис. 4 отражена в сравнении динамика изменений морфолого-структурных характеристик минералов (по данным шлифов в отраженном свете – в кружках и РЭМ – в прямоугольниках), β, содержания Fe_М, Fe_{НМ} и величины полной удельной поверхности (ПУП) в соответствии с минералого-геохимической зональностью толщ кварцитов фации зеленых сланцев (ЮГОК, Украина) Скелеватского (Кривой Рог) и (МихГОК, КМА) Михайловского месторождений. Если на первом месторождении зональность кварцитов сформировалась под влиянием комплекса процессов *седиментации* → *диагенеза* → *метаморфизма*, то на втором существенную роль сыграл

еще щелочной метасоматоз. В конечном итоге это отразилось на общих минералого-геохимических закономерностях толщ, характере сосуществующих минералов, гранулометрии, онтогении их индивидов и агрегатов, обусловивших различия в показателях обогащения. Существенно значимые различия связаны с приуроченностью разновидностей кварцитов к восстановительной (разновидности 1-3, 5 с K_0 ($Fe_2O_3 : FeO + Fe_2O_3$) $< 0,69$ и окислительной ($K_0 > 0,69$; разновидности 4, 6-8) ветвям диаграммы. На каждом месторождении прослеживается изменчивость по разновидностям кварцитов характерных параметров - от лежачего бока толщи к центру (соответственно 1-4, ЮГОК; 5-8, МихГОК):

- если на ЮГОКе морфология индивидов и агрегатов магнетита связана с интенсивным развитием процессов перекристаллизации - образованием 70-80% агрегатов различных по форме выделений при среднем размере зерен магнетита 0,05-0,08 мм, то на МихГОКе в связи с интенсивным проявлением процессов щелочного метасоматоза на фоне мощных дислокаций в кварцитах (см. рис. 3), обусловивших интенсивную рекристаллизацию индивидов минерала с образованием значительного количества вторичных выделений размером < 30 мкм (средний размер зерен 0,03-0,05 мм), развитию мушкетовитизации, как правило, по деформированным индивидам гематита и гипогенной гематитизации магнетита с образованием структур цементации магнетита метасоматическим крупночешуйчатым (0,1-0,4 мм) гематитом;
- исследование микроморфологии и анатомии магнетита позволяет говорить о преимущественном росте его выделений в результате последовательного и периодического наслаения вещества, что отражено в гистограммах различных разновидностей кварцитов. С особенностями роста кристаллов магнетита связано появление зональных, секториальных, а также индивидов с различным количеством механических включений. Значительное развитие скелетных кристаллов, в том числе, и индивидов с включениями кварца, затрудняет раскрытие магнетита при измельчении, обуславливая снижение содержание Fe в концентрате магнетитовых кварцитов до 63,9% по сравнению с другими (ЮГОК);
- четко прослеживается по обоим ГОКах изменчивость в характере перераспределения различных минеральных форм Fe, причем на МихГОКе повышенное содержание его в исходной руде, в том числе, и в немагнитной форме, связано с повышенным количеством в ассоциации с магнетитом гематита. В конечном итоге это предопределяет частичное извлечение последнего в сродках в концентрат, но более существенно влияет его потери в хвостах;
- первичная более тонкая вкрапленность магнетита МихГОКа, отражается, как на необходимости более тонкого измельчения руд перед обогащением, так и на величине ПУП концентратов, которая здесь не только выше, чем концентратах ЮГОКа, но и существенно отличается для каждой разновидности, что обусловлено, как сложной генетической природой выделений магнетита и мушкетовита, так и их гранулометрией. Высокая величина ПУП концентратов резко увеличивает их обводненность. В концентратах же разновидностей основной толщи кварцитов ЮГОКа величина ПУП достаточно одинакова и уменьшается в 2 раза только в малорудных кварцитах, что связано с преимущественным развитием в них зональных кристаллов магнетита.

Таким образом, изучение онтогении минералов железистых кварцитов с учетом минералого-геохимической зональности толщ позволяет выявить и учесть при обогащении основные геолого-минералогические закономерности, определяющие формирование ТСМ. Учет этих параметров в пределах отдельных месторождений в связи с проведением ГТК дает возможность увязать типоморфные признаки минералов с особенностями обогатимости руд и обеспечить их рациональную переработку.

ПРОБЛЕМА 2 связана с организацией системы минералого-технологического контроля процессов рудоподготовки и обогащения руд.

Рассматривая вопрос о повышении эффективности технологического контроля на фабриках ГОКов, Г.С. Нестеров [8] особо подчеркивает, что:

- для определения товарного баланса нормативного удельного расхода сырья используются материалы опробования за сравнительно большой промежуток времени (месяц, квартал, год). Например, на дробильно-обогатительных фабриках абсолютные отклонения средних величин при контроле содержания железа в руде составляют $\pm 0,42\%$, в концентрате $\pm 0,3\%$, в хвостах $\pm 0,31\%$ (расчет погрешностей выполнен за период около 2000 смен);
- в системе опробования суммарная погрешность обусловлена на 55% погрешностью отбора проб, на 20% погрешностью их разделки и на 25% погрешностью химического анализа. Минеральный состав руд и технологические показатели на фабриках непостоянны во времени, поэтому погрешность оценки средних величин зависит от автокорреляционных функций коррелируемых показателей. Для оперативного управления технологическим процессом необходимо обеспечить получение представительной пробы за более короткие периоды. Так, сократив интервал с 8 до 4 ч, можно примерно в 2 раза повысить точность текущего среднего показателя при внутрисменном оперативном управлении;
- повысить точность технологического опробования только путем увеличения числа измерений и повышением точности математической обработки результатов невозможно;
- необходимо повысить достоверность и точность опробования концентрата, агломерата и окатышей,

используя: а) не только среднее значение, но и величину среднего квадратичного отклонения в установленном интервале времени (партия продукции, сутки, неделя, месяц); б) технические условия на готовую продукцию с учетом объективно существующей изменчивости показателей, а для повышения их достоверности применять методику оценки погрешностей опробования и периодичности изменений; в) зависимость цен на продукцию высшей категории качества от стабильности состава; г) на каждом ГОКе отраслевую методику оценки реальной погрешности основных качественно-количественных показателей обогащения и окискования; д) на фабриках ГОКов механизированные установки (роботы) по отбору, подготовке и доставке проб; е) в аналитической службе комбинатов аппаратуру инструментального анализа химического (фазового) состава продуктов.

Учитывая тот факт, что ТМ в значительной степени базируется на контрастности свойств сосуществующих рудных и нерудных минералов, особое место в контроле процессов рудоподготовки и обогащения принадлежит минералогической системе контроля. По нашему мнению [9], такая система должна включать следующие этапы:

- *систематический минералогический контроль (МК) технологической схемы фабрики (для проверки соблюдения технологического режима);*
- *МК продуктов с детальными исследованиями продуктов обогащения генерального опробования схемы ОФ;*
- *специальные виды МК (выявление причин брака продуктов обогащения, узких мест в технологическом оборудовании при совершенствовании схемы и др.).*

Например, на ГОКах Кривбасса и КМА при решении вопросов первого этапа минералогического контроля проводится *систематическая рудоразборка дробленной руды* крупностью 25—12 мм (класс 12-3 мм дополнительно просматривается под бинокулярным микроскопом) в пробе, отбираемой специальным совком с ленты конвейера через каждые полчаса пересечением его по ширине ленты. В соответствии с принятой на месторождениях классификацией руд в продуктах дробления макроскопически выделяются основные минеральные разновидности (технологические сорта) и определяется (по весу проб) их соотношение за сутки. Эти данные сопоставляются с соотношением их в плановой отгрузке. В соответствующей характеристике руд с карьера поступает информация об их объеме (по разновидностям и сортам), содержании Fe, Fe_м и данных технологического анализа (содержание Fe в концентрате, хвостах, выход концентрата). Ежемесячные заявки позволяют регулировать с использованием данных МК подачу руд в определенной системе усреднения. Параллельно проводится выборочно минералогический (минералого-структурный) анализ продуктов обогащения и сопоставляются данные ОТК с полученными результатами МК. По всем видам анализа ведется соответствующая документация.

На втором этапе МК ежеквартально производится глубокое изучение продуктов обогащения генерального опробования технологической схемы. Детально изучается исходная дробленая руда (определяются химический и фазовый состав, производится их пересчет на минеральный состав с микроскопическим исследованием шлифов в проходящем и отраженном свете; устанавливаются физические свойства, прежде всего магнитные; при необходимости производится выделение мономинеральных фракций и их исследование и др.). Выполняются химический, фазовый и минералогический анализы (с определением степени раскрытия минералов) по продуктам всех стадий — измельчения, сепарации, дешламации и т.д. Отдельно по специальным методикам изучаются тонкие классы (0.03 мм и менее). Детально исследуются ОМЧ и закономерности их поведения в технологическом режиме, характер и особенности их флокуляции. Исследуются свойства, прежде всего, магнитные. При анализе эффективности сепарации производится дополнительная очистка продуктов обогащения с извлечением из них рудных и нерудных минералов. В целом по данным минералогического и технологического анализов продуктов обогащения генерального опробования производится оценка каждого технологического узла схемы, и вводятся при необходимости соответствующие коррективы.

Третий этап специального МК нередко связан с использованием широких возможностей современных методов анализа (ТМА, термоэДС, микронзонд, РЭМ, ИКС, рентген и др.) для выявления причин брака качества концентрата, повышенных потерь железа в хвостах, возрастания флокулируемости материала и др. Обычно МК осуществляется с использованием рядового микроскопического анализа; для более эффективного разделения магнитной и немагнитной фракций применяется магнит Сочнева. Здесь очень большое значение имеют квалификация минералога, возможности привлечения особых приемов для подготовки продуктов исследования и т.д. Исследования, как правило, проводятся по узким классам крупности. Широко могут использоваться данные минералого-структурного анализа (прежде всего, определение степени раскрытия в широком спектре типов сростков), определения величины удельной поверхности и др. Опыт показывает, что среди основных причин снижения качества магнетитового концентрата, как правило, выступают: низкая эффективность сепарации из-за переизмельчения материала и повышенной его флокулируемости (изменение ТСМ и др.); недостаточного раскрытия с образованием «трудных» сростков; засорения за счет нарушений технологического режима (загрязнение помола, нарушение работы сепараторов и др.) и т.д. Повышенные потери в хвостах, как правило, связаны с нарушениями технологического режима в системе усреднения руд (подача некондиционных, окисленных руд, сланцев и т.д.). Уже только качественная оценка отдельных типов сростаний свидетельствует о возможной степени раскрытия минералов и соответственно предполагаемых потерях при

обогащении. Наши наблюдения показывают [7], что неблагоприятны для раскрытия пойкилитовые и мирмекитоподобные сростания, которые резко снижают качество магнетитового концентрата при обогащении кварцитов. Даже при весьма тонком измельчении (95-98% классов -0,074 или -0,050 мм) практически не удастся отделить тонкие и мелкие включения нерудных от матрицы рудного минерала, так как при измельчении образуется значительное количество так называемых «богатых» сростков (>50% рудной фазы), которые хорошо извлекаются в концентрат, порой его разубоживая. Аналогичные сростки при измельчении магнетит-пироксеновых руд Качканара, характеризующиеся своеобразным типом сростаний магнетита с пироксеном и оливином (симплектиты) в оруденелых верлитах и диаллаговых пироксенитах сидеронитовой структуры. *Весьма неблагоприятны пойкилитовые сростания обратного порядка*, когда магнетит включен в кварц, карбонат, хлорит, гранат, так как в этом случае при измельчении, как правило, возникают весьма бедные сростки с низкими значениями удельной магнитной восприимчивости, попадающие в хвосты обогащения. Сложные типы сростаний возникают в зонах окисления, существенно затрудняя процессы сепарации измельченных продуктов. Степень неоднородности минеральных индивидов приводит к образованию микросростаний и может существенно предопределять как систему рудоподготовки, так и процесс сепарации минералов. Наиболее существенно она отражается на таких процессах обогащения, как флотация и магнитная сепарация в сильном поле, когда даже незначительные изменения в конституции индивидов сразу же сказываются на изменении TCM.

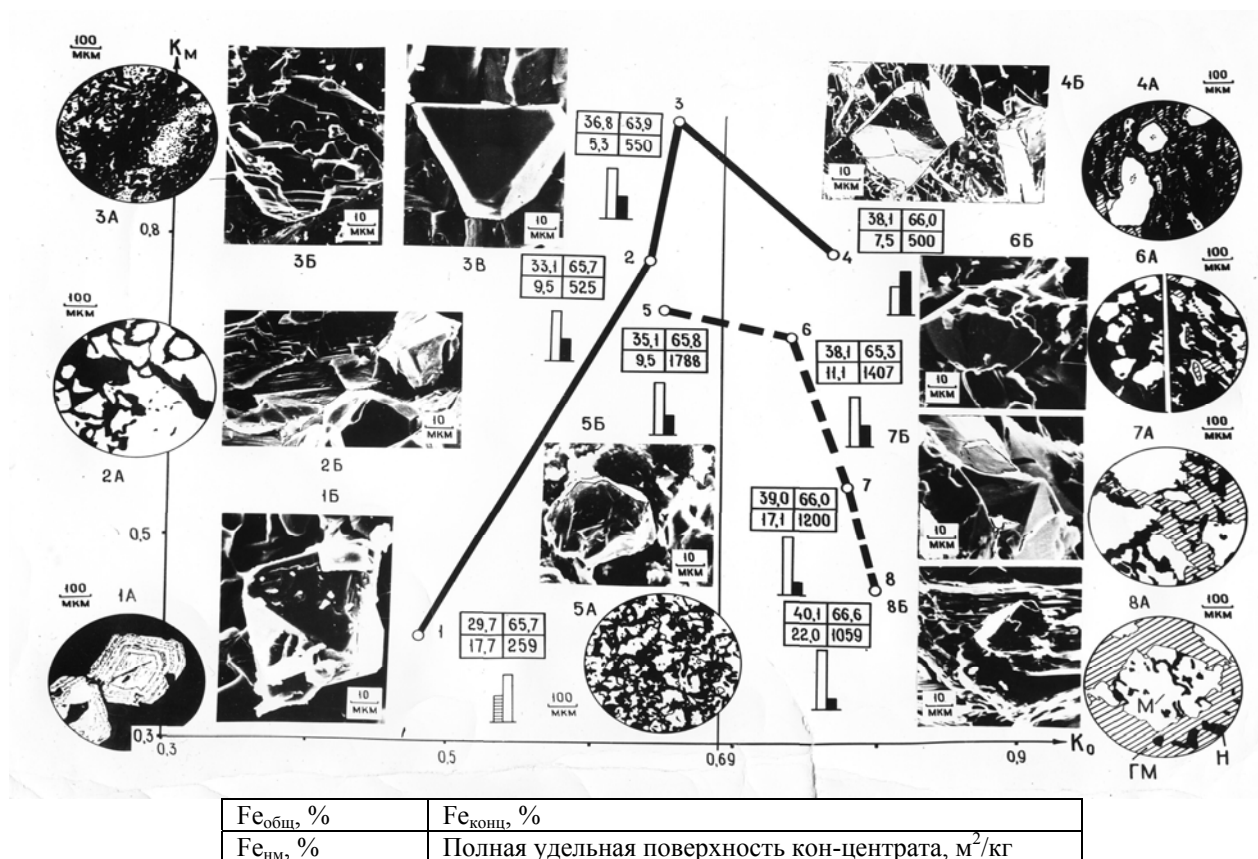


Рис. 4. Изменчивость параметров обогащения железистых кварцитов в связи с минералогическо-геохимической зональностью толщ. ЮГОК, Кривой Рог: 1 — магнетит-сидерит-хлорит-куммингтонитовые кварциты; 2 — куммингтонит-хлорит-сидероплезит-магнетитовые; 3 — магнетитовые; 4 — гематит-магнетитовые. Михайловский ГОК, КМА: 5 — кальцит-эгирин-зеленослюдково-магнетитовые с пиритом кварциты; 6 — магнетитовые с гематитом и зеленой слюдой; 7 — гематит-магнетитовые; 8 — гематит-гематитовые. Гистограммы соотношения различных разновидностей послынного роста в магнетите: полосчатое — полногранный (зональный), белое — полногранный (однородный), черное — скелетный

Минералогический и морфолого-структурный анализы продуктов дробления и измельчения с учетом гранулометрического спектра сростающихся минералов позволяют судить об эффективности их раскрытия на любой стадии. В частности, на рис. 5. отражена роль обоих видов анализа для оценки качества получаемых магнетитовых концентратов на примере эволюции метасоматических процессов, метасоматических и связанных с ними минералогическо-структурных преобразований в железистых кварцитах СевГОКа (Кривой Рог, Первомайское месторождение).

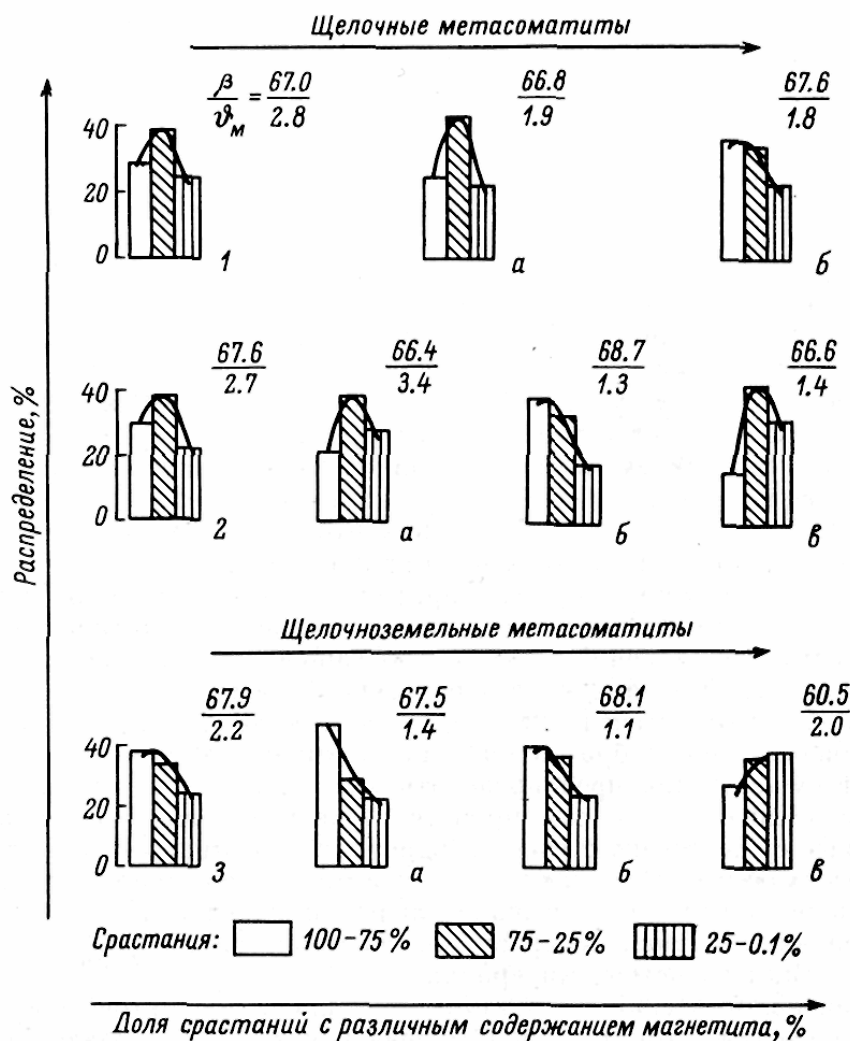


Рис. 5. Гистограммы распределения срастаний магнетита с нерудными минералами в различных разновидностях железистых кварцитов и метасоматитов СевГОКа (в крупности 0.05 мм). 1 — магнетитовые кварциты (а — окварцованные, б — рибекитизированные); 2 — гематит-магнетитовые кварциты (а — окварцованные, б — рибекитизированные, в — эгиринизированные); 3 — куммингтонит-магнетитовые кварциты (а — вторично куммингтонитизированные, б и в — в различной степени карбонатизированные)

Из анализа гистограмм распределения срастаний магнетита с нерудными минералами в железистых кварцитах и метасоматитах в сопоставлении с β и U_M (потери Fe_m в хвостах) можно сделать следующие выводы:

- распределение срастаний подчеркивает динамику преобразования структур железистых кварцитов при различных типах метасоматоза;
- развитие рибекита и куммингтонита, особенно на ранних стадиях метасоматоза, улучшает качество срастаний магнетита с другими минералами за счет съедания части тонких выделений гематита и магнетита, обуславливая появление субидоморфных и ксеоморфных выделений при соответственном уменьшении пойкилитовых срастаний, обеспечивающих при измельчении больше открытых рудных частиц и богатых сростков;
- особенно существенны преобразования кварцитов при карбонатизации, которые приводят к резкому снижению качества концентратов.

Статистическая обработка данных морфолого-структурного анализа позволила выявить хорошие корреляционные связи: коэффициент парной корреляции $\beta \rightarrow$ количество бедных сростков (25-0%) для железистых кварцитов СевГОКа равен -0,88, ЮГОКа — 0,86. Это подчеркивает типоморфный характер типов срастаний минералов железистых кварцитов в связи с их обогащением.

С третьим этапом минералогического контроля связано совершенствование технологической схемы обогащения, проведение наладочных работ и др. Здесь особое место отводится глубине минералогических исследований (изучение технологических свойств минералов, их изменений и др.) по каждому технологическому циклу.

В конечном итоге минералогический контроль на обогатительной фабрике современного ГОКа в значительной степени способствует повышению эффективности обогащения.

ПРОБЛЕМА 3. Опыт работы ГОКов показывает, что с углублением месторождений, расширением их сырьевой базы значительно ухудшаются горно-технические условия добычи и качество добываемых руд; как правило, возрастает количество труднообогатимых разновидностей руд. В то же время постоянная необходимость повышения содержания железа в товарной руде выдвигает задачи дальнейшего совершенствования рудоподготовки и технологических схем обогащения. Уже в начале 90-х годов XX века стала совершенно очевидной необходимость повышения уровня минералого-технологического обеспечения работы ГОКов в системе рудоподготовки и схем обогащения. Институтом Механобрчермет в связи с обогащением магнетитовых кварцитов Юга и Центра СССР были определены основные этапы в решении этих задач [10], связанные с:

- внедрением схем глубокого обогащения, включающих три стадии измельчения и пять стадий обогащения с шаровым измельчением руд, прежде всего, магнетитовых кварцитов фации зеленых сланцев (ЮГОК, СевГОК и др.);
- внедрением в замкнутый цикл первой стадии измельчения операций сухой магнитной сепарации, что при более раннем удалении пустой породы позволяет повысить качество на 0.5-1% при увеличении производительности на 5-10% (ЦГОК, ЛебГОК и др.);
- использованием шарового измельчения в две стадии при переработке весьма бедных и труднообогатимых руд с предварительным их дроблением в три стадии в замкнутом цикле до крупности 12-0 мм, сухой магнитной сепарацией после II и III стадий дробления и тремя стадиями мокрой магнитной сепарации, доводкой конечных концентратов флотацией или грохочением (классификацией) с доработкой надрешетного продукта в отдельном цикле;
- использованием схемы одностадийного самоизмельчения руды до конечной крупности 98% класса -50 мкм и одностадийного измельчения до крупности 90—92% -50 мкм с доводкой части конечного концентрата;
- интенсификацией исследований по созданию новых обогатительных аппаратов, процессов и разработкой принципиально новых направлений в обогащении руд.

Исследования института показали, что дополнение технологических схем действующих фабрик циклом доводки, включающим доизмельчение, тонкое грохочение или классификацию в гидроциклонах, обесшламливание и магнитную сепарацию, может повысить содержание железа в концентратах всех фабрик ГОКов. Стало совершенно очевидно, что перспективными могут быть схемы с направленным изменением свойств минералов, совершенствованием системы их разделения - раскрытия и сепарации. Здесь большое значение приобретают начальные этапы рудоподготовки - использование схем дробления руд до 12 (10)-0 мм с совершенствованием системы раскрытия минералов при их переизмельчении и др. В это время многие из отмеченных вопросов уже решались на ГОКах страны (Кривбасс, КМА, Кольский п-ов, Карелия и др.). Были поставлены с нашим участием [11] специальные экспериментальные исследования с использованием приемов ТМ по выявлению эффективности раскрытия магнетитовых кварцитов ЦГОКа (Кривой Рог), характеризующихся в основном субидiomорфными, реже ксеноморфными типами сростаний магнетита и кварца, при различных видах измельчения (шаровое, сухое самоизмельчение, рудногалечное, струйное) с последующим магнитным обогащением по наиболее совершенным технологическим схемам. Изучение гранулометрии продуктов показало, что бесшаровая мельница сухого самоизмельчения в зависимости от применяемого режима позволяет получить практически любую крупность руды. На установке были получены продукты с содержанием 40-54% класса -0,074 мм. Сравнение с шаровым измельчением показало, что характер распределения классов крупности 0,05-0 мм в обоих случаях одинаков, однако в 1-ом содержание мелких классов меньше, чем во 2-ом. То есть при шаровом измельчении четче проявляется избирательность за счет существенной разности в твердости и хрупкости магнетита и кварца. Содержание Fe в продуктах самоизмельчения во всех классах выше, кроме класса +0,25 мм, который отсутствует при шаровом измельчении. Крупные классы представлены бедными сростками и открытыми нерудными частицами, которые уходят в хвосты. Распределение Fe в магнитном продукте сохраняет ту же закономерность, но только с большим разрывом – до 0,05-0 мм. При этом в содержании Fe отсутствует, так как в этой крупности зерна магнетита предельно раскрыты независимо от способа измельчения. Наблюдается четкая параллельная зависимость в степени раскрытия: по мере увеличения выхода класса -0,074 мм последняя растет при обоих видах измельчения. Однако при сухом самоизмельчении степень раскрытия на 4-6% выше, чем при шаровом. При исследовании формы рудных частиц в концентрате класса -0,074 мм стало ясно, что они ближе всего подходят к средним размерам зерен в измельчаемой руде. Форма зерен открытых рудных частиц *при шаровом измельчении* характеризуется рваными неровными контурами; *при рудногалечном* – сочетанием округлых (окатанных) и частично ровных частиц; *при сухом самоизмельчении и струйном измельчении* форма частиц полигональная. Исследования подчеркивают эффективность сухого самоизмельчения, так как в этом случае усилие удара сосредотачивается главным образом на границах субидiomорфных сростаний индивидов, октаэдрических плоскостях отдельности магнетита (111), по спайности хлоритов и карбонатов. В конечном итоге показано, что применение самоизмельчения при рудоподготовке позволяет повысить качество магнитного продукта на 3-4% по сравнению с шаровым измельчением и 1-1,5% по сравнению с

рудногалечным. При этом прирост содержания Fe в концентратах не изменяется и при обогащении измельченных продуктов в промышленных условиях.

Таким образом, использование на ГОКах России и стран СНГ приемов ТМ по минералогическому обеспечению новых весьма эффективных технологических решений для повышения показателей обогащения и совершенствования системы рудоподготовки – использование методов электроимпульсного (с помощью гидродинамического удара), роторного и методов предварительной обработки руды (термических, акустических и др.), обеспечивающих дробления руд по границам зерен. *В связи с формированием ТСМ руд в ЕГТС, следует рассматривать их изменение как продолжением природных процессов [12,13] по моделям, для которых характерна минимальная энергоемкость, высокая скорость и селективность.* Выбор модели определяется вещественным составом материала и качественными задачами. В настоящее время в связи с этим используется широкое разнообразие методов обогащения руд на ГОКах.

ПРОБЛЕМА 4. Еще в начале 30-х годов академик А.Е. Ферсман выдвинул идею комплексного использования минерального сырья. Полнота и комплексность использования сырья на современном ГОКе по мере ухудшения качества добываемых железных руд (углубление карьеров, вовлечение в эксплуатацию забалансовых руд и т.д.) приобретают в настоящее время особую остроту, прежде всего в связи с необходимостью создания «безотходной технологии». Эта проблема серьезно решается на многих ГОКах страны. Наиболее важными и сложными вопросами проблемы являются утилизация вскрышных пород, отходов ГОКа, в том числе вопросы охраны окружающей среды.

Комплексное геолого-минералогическое и технологическое изучение вскрышных пород ГОКов (базальтов и диабазов, гранитоидов, безрудных скарнов и карбонатных пород, геллефлинты и плагио-порфиоров, различных по составу сланцев, песков, известняков и др.) показало, что значительная часть их может найти применение в качестве строительных материалов и технологического сырья различного назначения.

Отходы производства следует рассматривать как минеральные ресурсы, которые временно не используются [14]. Постепенно необходимо ликвидировать понятие «пустая порода», освоив комплексное производство. Опыт работы карьеров КМА показывает, что затраты на производство щебня из отходов ГОКов составляют 27% затрат на специализированных предприятиях, затраты на производство силикатного кирпича снижаются на 12%, изделий из ячеистого бетона - на 14.4%, из красного кирпича — на 7%, из песка - на 10%.

При комплексном использовании горной массы и хвостов обогащения не только возрастут темпы роста производства, но и уменьшится острота негативных факторов взаимодействия с окружающей средой: сократится изъятие земель под новые производства, хвостохранилища и отвалы, уменьшатся потери воды и запыленность атмосферы.

Вовлечение в эксплуатацию некондиционных руд и получение за счет них дополнительного количества концентрата с экономической точки зрения во многих случаях более выгодно, чем выпуск такого же количества концентрата за счет разведки и освоения нового месторождения [5]. Реальными предпосылками для этого служат: достаточное количество забалансовых запасов на месторождении; дефицитность полезного ископаемого; неудовлетворительная обеспеченность предприятия балансовыми запасами. Основные факторы, определяющие экономическую целесообразность попутной разработки забалансовых запасов: пространственное расположение относительно балансовых запасов, степень подготовленности к добыче, качество.

На Соколовско-Сарбайском ГОКе благодаря вовлечению в обогащение забалансовых руд (с содержанием железа 23-25%) в 1984 г. содержание железа в товарной руде выросло на 1.2% (переработано за 4 года 13.7 млн. т) по сравнению с 1980 г., несмотря на снижение содержания железа в исходной руде 4.8%. Хвосты дробильно-обогащительной фабрики применяются как балластировочный материал для железных и автомобильных дорог. Организовано производство щебня из вскрышных скальных пород для приготовления бетона и строительства автомобильных дорог; чеганские глины применяются для производства керамзита. В Криворожском железорудном бассейне в результате мощного сброса хвостов обогащения (ЦГОК, СевГОК и др.) возникли крупные по площади техногенные железорудные месторождения. Научными разработками (НИГРИ, Механобрчермет и др.) доказана высокая продуктивность месторождений. В результате дифференциации материала сформировались значительные по площади «оруденелые» участки (мощностью 3-5 м) с содержанием железа 32-35% при высоком содержании магнетита. Из хвостов таких участков могут быть получены промежуточные продукты, доизмельчение которых обеспечит получение концентратов с содержанием железа более 65%, а из крупных классов - строительных песков.

Глубоко и всесторонне проблема полного, рационального и комплексного использования сырья рассмотрена на примере железистых кварцитов Оленегорского месторождения, решение ее [15] связано со следующими обстоятельствами:

- возрастанием объемов добычи железистых кварцитов;
- повышением эффективности извлечения тонко- и мелковкрапленного гематита (полнота извлечения металла);
- использование некоторых разновидностей кварцитов для производства железных порошков высших марок;
- разработкой технологии селективной добычи, складирования, дробления, сортировки вскрышных пород, использования хвостов дробильно-обогащительных фабрик с целью получения сырья для различных отраслей народного хозяйства.

Взаимосвязанное рассмотрение рудоподготовительных, обогащательных и металлургических операций позволило согласовать на ОГОКе вопросы технологической минералогии и (минералогические исследования, степень измельчения кварцитов и раскрытия минералов, эффективный способ селективной магнитной флокуляции и разделения магнетитовых продуктов, гидрометаллургическую доводку магнетитовых супер концентратов) и на этой основе разработать технологическую схему комплексного и рационального использования Оленегорского, Кировогорского и других месторождений гематит-магнетитовых кварцитов, Приимандровского железорудного района для различных переделов черной и цветной металлургии и предприятий промстройиндустрии.

Гематит-магнетитовые руды Оленегорского месторождения относятся к железистым кварцитам осадочно-метаморфического генезиса амфиболитовой ступени метаморфизма, что обеспечило постоянство их вещественного состава при минимальном содержании следующих элементов-примесей в магнетите (Fe - 72.1% $\pm$ 0.08%, Mn - 0.02-0.04% при ничтожных содержаниях Al, Si, Cu, Mg). Весьма благоприятная характеристика чистоты магнетита создала уникальные возможности для получения железных порошков высших марок. Это позволило разработать на ОГОКе способ и промышленную технологию получения концентрата высокой чистоты [16], которые позволяют выделять из рядового магнетитового концентрата на специальной секции обогащательной фабрики 86% железа, 0.2-0.3% кремнезема и 6.3% высококачественного концентрата с содержанием 68% железа при его извлечении в оба концентрата 92.2%. Себестоимость 1 т суперконцентрата составляет 16-17 руб., отпускная цена - 18 руб.15 коп. (по ценам 80-90-ых годов).

Из других руд месторождений Приимандровского железорудного района (Баумановское, Кировогорское, XV лет Октября) по магнитным схемам также получены концентраты, содержащие 71.9% железа и 0.3% кремнезема и удовлетворяющие требованиям порошковой металлургии.

С 1978 г. в НПО «Тулачермет» внедрена технология использования магнетитового суперконцентрата Оленегорского ГОКа для производства чистых железных порошков.

Оленегорский ГОК - единственный в СССР, где осуществлено промышленное извлечение гематита. Однако применяющийся способ гравитационного обогащения позволяет извлекать лишь 50% железа. В настоящее время работниками комбината совместно с сотрудниками института Механобр проведены исследовательские работы и разработаны схемы по доизвлечению гематита с использованием высокоинтенсивной сепарации, внедрение которых в производство позволит повысить извлечение гематита до 69.4%.

Как отмечают П.И. Зеленев и др. [15], по мере увеличения высоты отвалов и расширения их площадей резко возрастают затраты на вскрышу. Такая же тенденция прослеживается по мере увеличения высоты дамбы и площади хвостохранилища. Для условий Оленегорского ГОКа среднегодовое удорожание транспортирования и складирования вскрышной породы и отвальных хвостов по годам девятой, десятой и одиннадцатой пятилеток составляет соответственно 3.2; 7.2; 9.6 % и 1.0; 5.9; 17.6%, Кроме того, по мере накопления объемов вскрышных пород и отвальных хвостов значительно возрастают затраты, связанные с охраной окружающей среды.

Вскрышные породы Оленегорского и Кировогорского месторождений представлены гнейсами, пегматитами, габбро-диабазам, амфиболитами, гранито-гнейсами. Результаты исследований физико-механических свойств показали, что вскрышные породы месторождений характеризуются значительным коэффициентом крепости - 11-17, по Протоdjяконову, достаточно устойчивы, имеют незначительное водопоглощение (0.15%), небольшую плотность (2.7 кг/м³), высокую прочность при сжатии. Это позволяет использовать их для производства щебня.

На базе скальных пород Оленегорского рудника работает щебеночный завод МПС производительностью 600 тыс. м³ щебня в год. Разработан проект реконструкции дробильно-обогащательного комплекса Оленегорского комбината для производства дополнительно 710 тыс. м³/год фракционного щебня.

Требования к породам, которые могут быть использованы в качестве флюса в электропечах и конверторах, следующие: содержание - 70%, Fe - 3-4%. Таким требованиям отвечают пегматиты и лептиты.

Отвальные хвосты обогащения состоят преимущественно из кварца (74% SiO₂). Содержание железа в них составляет 9%; содержание класса +300 мкм - 20%, класса -74 мкм - 33.5%. По гранулометрическому и минеральному составу отвальные хвосты могут быть использованы в различных целях, прежде всего для производства силикатного кирпича (80 млн. штук в год).

По ОГОКу выполнен детальный расчет экономического эффекта на все виды продукции [15]. Показано, что технико-экономическая эффективность комплексного использования сырья на ГОКе составит 1250 тыс. руб. (по ценам 80-90-ых годов).

По-прежнему проблемными остаются вопросы извлечения из техногенных месторождений гематита, минералов редкоземельных элементов, а так же таких элементов как Cu, V, Ge, Pt, Pd, Au.

Несомненно, среди проблем технологической минералогии современного ГОКа еще много других, не рассмотренных авторами настоящей работы. Важно здесь подчеркнуть, что различные аспекты дальнейшего их развития будут способствовать интенсификации использования природных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Д.П. Соотношение технологической минералогии с сопредельными отраслями знания // Онтогенез минералов и технологическая минералогия. Киев: Наукова думка, 1988. С. 11-15.

2. *Машиковцев Г.А.* (отв. ред.). Новые минерально-сырьевые металлургические комплексы России. М.: ВИМС, 2007. 44 с.
3. *Юргенсон Г.А.* Проблемы минералогии техногенеза // Роль минералогических исследований в решении экологических проблем (теория, практика, перспективы развития). М.: ВИМС, 2002. С. 200-202.
4. *Ларичкин Ф.Л.* Методические особенности оценки экономической эффективности комплексного использования минерального сырья // Совр и рынок. 2000. № 2. С. 92-99.
5. *Ревнивец В.И.* Роль технологической минералогии в обогащении полезных ископаемых // ЗВМО. 1982. Вып. 4. С. 4-20.
6. *Пирогов Б.И.* Роль минералогических исследований в обогащении руд // Минерал. журнал. 1982. № 1. С. 81-92.
7. *Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Холошин И.В., Тарасенко В.Н.* Технологическая минералогия железных руд. Л.: Наука, 1988. 304 с.
8. *Нестеров Г.С.* Повышение эффективности технологического контроля на фабриках горно-обогатительных комбинатов // Горн.журн. 1985. №1. С. 38-40
9. *Пирогов Б.И., Пирогова В.В.* Минералогическое исследование железных и марганцевых руд. М., Недра. 1973. 216 с.
10. *Николаенко В.П., Курочкин М.Г.* Основные этапы развития и дальнейшее совершенствование технологии обогащения магнетитовых кварцитов Юга и Центра СССР // Обогащение руд черных металлов. М., 1981. С. 7-17.
11. *Рукасова Е.Н., Пирогов Б.И.* Особенности обогащения магнетитовых роговиков ЦГОКа при различных методах измельчения // Обогащение полезных ископаемых. Киев, 1967. Вып.2. С. 27-33
12. *Изоитко В.М.* Технологическая минералогия и оценка руд. СПб.: Наука, 1997. 582 с.
13. Современные методы оценки технологических свойств труднообогатимого и нетрадиционного минерального сырья благородных металлов и алмазов и прогрессивные технологии их переработки // Плаксинские чтения (Иркутск). М.: Альтекс, 2004. 232 с.
14. *Ржевский В.В.* Вклад «Горного журнала» в ускорение научно-технического прогресса // Горн.журн. 1985. № 7. С. 5.
15. *Зеленов П.И., Митрохина В.В., Хрушкая Т.А.* Техничко-экономическая эффективность комплексного и рационального использования сырья на Оленегорском ГОКе // Горн.журн. 1986. № 1. С. 47-50.
16. *Зеленов П.И.* Разработка и промышленное освоение технологии производства магнетитовых концентратов высокой чистоты для порошковой металлургии // Новые способы сепарации руд в магнитных полях. Апатиты, 1981. С. 25.

СЕРЕГОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КАМЕННОЙ СОЛИ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ИСТОЧНИК ПОСТАВКИ ГЕОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОЯЩИХСЯ СОСНОГОРСКОГО ГЛИНОЗЕМНОГО ЗАВОДА И ЯРЕГСКОГО ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Мальцев К.Р., Устинов С.А., Иевлев А.А.

Министерство промышленности и энергетики Республики Коми, Сыктывкар

Повторное вовлечение в промышленный оборот Сереговского месторождения каменной соли является актуальным вопросом сегодняшнего дня, который волнует и республиканские власти, и администрации Княжпогостского и Усть-Вымского районов, и ученых, и общественность, и местное население. Задача строительства сользавода на базе Сереговских солей является неотъемлемой частью перспективных и инвестиционных планов Правительства Республики Коми в области горнорудной промышленности.

Месторождение расположено на северо-западной окраине с. Серегово Княжпогостского района Республики Коми, на правом берегу р. Вымь. Оно представляет собой диапировую структуру. Максимальная вскрытая мощность солей составляет 827,4 м. Кровля соляной залежи вскрыта на глубинах от 237 до 533 м буровыми скважинами, пробуренными в центральной и южной части месторождения. Ни одна скважина из соли не вышла. Максимальная глубина, на которой вскрыты соли, составляет 1136 м.

Запасы соли по месторождению были утверждены протоколом ГКЗ СССР № 4212 от 18.01.1964 г. Глубина подсчета запасов 1000 м. По состоянию на 01.01.2005 г. промышленные запасы составляют около 700 млн. т. Прогнозные ресурсы оцениваются в 5 млрд. т соли.

Добыча соли в Серегово известна с XVI в. Производство первоначально основывалось на выварке самоизливающихся хлор-натриевых рассолов. С середины XX в. соль добывалась методом подземного выщелачивания.

До 2004 г. месторождение находилось в эксплуатации. Работы были остановлены в связи с банкротством предприятия. В настоящее время никакого оборудования, зданий и сооружений бывшего