**Н. С. Петрова**1**, Н. Ю. Денисова**2

1 Белорусский государственный университет

2 Государственное предприятие «БелНИГРИ»

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОГНОЗНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ**

**КАЛИЙНЫХ РУД ПРИПЯТСКОГО КАЛИЕНОСНОГО БАССЕЙНА**

Наряду с разработкой новых перспективных участков на калийные соли повышение эффективности разработки месторождений и технологического передела калийных руд являются необходимыми условиями устойчивого развития калийной отрасли в Беларуси. Особую важность эти направления приобретают в настоящее время, когда идет подготовка к освоению Петриковского месторождения, отличающегося от Старобинского по горнотехническим условиям и качественным параметрам калийных руд. Сложная и многостадийная генетическая природа калийных руд, определяющая изменение структурно-текстурных параметров и, соответственно свойств, приводит к усложнению технологического прогноза и контроля за процессами рудоподготовки и обогащения.

Геологическая обстановка, генезис калиевмещающих формаций, динамика осадконакопления и процессы перекристаллизации соляных пород находят своё отражение как в макро-, так и микропоказателях. Геологические процессы, формирующие калийные руды, опосредованно являются критериями и факторами обогатимости, и поэтому необходимо учитывать взаимосвязь технологических свойств с характером тектонических проявлений, которые в значительной степени предопределяют закономерности пространственной изменчивости, следовательно, и закономерности изменчивости технологических показателей обогащения.

Структурные факторы контролируют пространственное распределение парагенетических ассоциаций. В Припятском калиеносном бассейне внутри калийной фации развиты две гиперсоляные ассоциации ― красноцветная и пестроцветная. Структурно-вещественная характеристика ассоциаций существенно различается. Основная масса калийных руд промышленных калийных горизонтов Старобинского месторождения относится к гиперсоляной красноцветной ассоциации, а Петриковского ― к пестроцветной.

Изучение структурно-вещественного состава калийных залежей в горном массиве на материалах керна поисково-разведочных скважин и при проходке горных выработок является неотъемлемой частью геологических исследований, позволяющей прогнозировать качественные и количественные показатели минерального сырья. Задачи изучения меняются в соответствии с целями проводимых работ и усложняются с повышением требований к детальности изучения: от разработки поисковых признаков и критериев прогноза до комплексной оценки состава калийных залежей.

Прогнозно-технологическая оценка на всех стадиях геологоразведочного процесса играет особую роль. Она решает ряд задач, которые напрямую определяют степень извлечения полезного компонента (выбор режима рудоподготовки, выбор и последовательность технологических операций, построение технологической схемы, выбор технологического оборудования и некоторые другие).

В практике отечественной калийной промышленности, к сожалению, недооценивается значение работ геологоразведочного цикла в отношении прогнозно-технологической оценки полезного ископаемого и, тем самым, обесцениваются работы по отбору представительной технологической пробы для лабораторных исследований обогатимости, хотя именно им отдаётся приоритет при оценке качества подготовки запасов.

Эффективность геологического изучения недр напрямую связана с полнотой и достоверностью технологической оценки минерального сырья, которая должна быть ориентирована на достижение максимальной извлекаемой ценности при оптимальных затратах. Обоснованность и способы решения задач повышения извлечения, комплексности использования сырья и углубления переделов определяются в процессе **достоверной технологической оценки** минерального сырья на стадии изучения месторождения.

Контрастность свойств компонентов в сложных неоднородных системах калийных руд и разделительный процесс являются одними из специфических и основополагающих категорий технологического цикла. Контрастность проявляется в природно-технологическом гранулометрическом спектре как на стадии рудоподготовки, так и в различных узлах технологической схемы. Качество продукта определяется его технологическими свойствами. Химический состав не даёт полного представления о степени извлечения полезного компонента ― сильвина. По степени извлечения минеральная форма рассматривается как извлекаемая, трудноизвлекаемая, неизвлекаемая.

Важнейшие технологические особенности руд (степень обогатимости руд, степень извлечения сильвина, выбор схем обогащения) целиком зависят от их генезиса, т. к. механизмы или способы формирования соляных пород оказывают решающее влияние на морфологию, гранулометрию зёрен сильвина и галита, структурно-текстурные особенности сильвинитовых руд, количество попутных ценных компонентов (Br, Rb), характеризующее комплексность руд.

В основе требований к прогнозно-технологической оценке лежитвыделение природных генетических типов, чёткое представление о макроскопических критериях выделения типов и сортов, легко определяемых при разведке, определение критериев для выделения и характеристики технологических типов и сортов калийных руд, определение количественных показателей для отнесения калийной руды к тому или иному технологическому типу (сорту), оценка обогатимости калийных руд, связь критериев с показателями обогащения, единообразие норм и признаков для выделяемых единиц классификации.

Критерии обогатимости сильвинитовых руд могут быть объединены в несколько крупных групп. При этом вещественный состав сильвинитовых руд объединяет минералогические критерии и критерии химического состава. В свою очередь, от типоморфных признаков минералов (морфолого-гранулометрические ― морфология, гранулометрия зёрен, их облик и габитус, дисперсность) зависят основные технологические свойства и поведение руды при обогащении. Последнее очень важно при рудоподготовке и поиске новых методов обогащения.

Таким образом, в основу методологических принципов прогнозно-технологической оценки положены методы и технические средства оценки параметров и проведение минералого-технологических исследований, в рамках картирования на основе малообъёмных проб. Сюда же мы включаем и проблемы терминологии. В основе лежит понятие технологической минералогии: частица. При этом частица, состоящая из одного минерала ― свободное зерно. В процессе дробления сильвинитов калийных залежей красноцветной ассоциации получены как простые, так и агломерированные свободные зёрна, что, несомненно, связано с почти мономинеральными микро-мелкозернистыми прослоями сильвинитов. С формой минеральных частиц связана величина коэффициента трения: идиоморфные изометричные частицы с наибольшим коэффициентом трения извлекаются лучше, чем удлинённые, тонкопризматические и пластинчатые.Классификация сростков проводится как по минеральному составу (простые ― двойные и сложные ― тройные, реже четверные), так и по содержанию полезного компонента (бедные и богатые). При этом оценивается характер границ срастания солевых минералов, влияющих на прочностные свойства руд. Оценка опознаваемости и оценка выявляемости

Методику минералого-технологического картирования следует рассматривать как разновидность технологического картирования, решающую узкие задачи для оценки специфики вещественного состава промышленных калийных залежей, которая очень важна для отбора представительной технологической пробы, характеризующей средние значения показателей руд для данного участка.

В процессе подготовки схемы технологического передела (разработки алгоритма прогнозно-технологической оценки) необходимо исследование минерального (фазового) состава сильвинитов; массового размера минералов, гранулометрического спектра ― распределения частиц и зёрен минералов (сильвина, галита, галопелитов) по крупности в невскрытой руде (исходном сырье); характера границ срастания частиц и зёрен в исходной руде; распределения частиц и зёрен минералов по классам крупности в измельченном материале разной степени дробления руд; степени раскрытия сильвина; распределения минералов по технологическим продуктам. По результатам дробления (измельчения) руды возможен количественный прогноз с оценкой свободных зёрен минералов и богатых сростков, в соответствии с плотностью, поступающих в концентрат; сростков в промпродуктовой фракции и бедных сростков, теряющиеся в хвостах (отвальной фракции). Каждый из элементов базовой структурно-морфологической оценки (площадь A ― мм2; длина L ― мм; ширина B ― мм; периметр P ― мм; удлинение L/B; фактор формы (округлость) C = 4πAP2; коэффициент срастания = (4F)/U), выполняет свою определённую функцию в дезинтеграции (разделении) руды и других обогатительных операциях.

Характер срастаний связан со спецификой текстурно-структурных особенностей. Морфологические различия сростков определяются генетическими причинами. На характер сростков влияет: вкрапленные и гипидиоморфные структуры в прослоях сильвинитов, наличие вкрапленности сильвина в прослоях внутрислоевой каменной соли. Наличие вростков, микровключений в зёрнах полезного минерала (субмикрозернистая структура), присутствие сростков, а также компоненты, образующие при переработке сильвинитовых руд группу вредных примесей (растворимые минералы, повышенное содержание нерастворимого остатка) характеризуют структурно-генетические (неизбежные) потери. Доля неизбежных потерь составляет до 70―80 % от суммы общих потерь.

Методика прогнозно-технологической оценки основывается на сочетании исследования калийных руд в горном массиве в шлифах и в раздробленных пробах. Максимальное раскрытие зёрен сильвина и галита происходит при дроблении руды до естественных размеров зёрен. За основу дробления при рудоподготовке принимается естественный гранулометрический спектр зёрен или свободных частиц полезного компонента ― сильвина. Естественный размерный спектр оценивается на основании гранулометрического анализа соляных пород в шлифах. Однако подсчёты минеральных зёрен и оценка спектра размерности соляных пород дают достаточную точность (до 5 %) лишь для разнозернистых и достаточно крупнозернистых пород. При наличии микрозернистых структур, определение естественного гранулометрического состава в шлифах практически теряет смысл и имеет значение лишь для характеристики сростков галита и сильвина. При дезинтеграции породы и последующем рассеве зёрен соляных минералов происходит разрушение и искажение истинных размеров зёрен (малая твёрдость и большая хрупкость). Оценка выхода представительного класса крупности и среднего диаметра частиц позволяют скорректировать процесс дробления и улучшить его параметры. Разница в содержании сильвина в представительном классе в сравнении с верхним и нижними классами называется контрастностью: высококонтрастные руды ― до 25 % сильвина, среднеконтрастные ― до 10―20 %; малоконтрастные ― до 5 %. Установлено также последовательное накопление карналлита и нерастворимого остатка от крупных к мелким фракциям.

По результатам измерений отмечается определённая параллелизация между ходом кривой раскрытия и коэффициентом срастания: в крупнозернистых разностях красных сильвинитов Старобинского месторождения с размером зёрен до 5 мм коэффициент срастания составляет 3,1 мм, а для зёрен до 3 мм ― 1,5 мм. Срастание может быть охарактеризовано от средне до крупно ― т. е. 75 % сильвина раскрытие сильвина в классе с величиной зерна приблизительно 0,8 мм. Показатель коэффициента срастания ― доля периметра зерна или агрегата, приходящаяся на каждый контактирующий с ним минерал.

Основная задача высвобождение (раскрытие) минералов из сростков (раскалывание по межминеральным границам) без их переизмельчения, т. к. нередко переизмельченные частицы других минералов затрудняют их сепарацию. Для калийных руд Старобинского месторождения сама проблема рудоподготовки достаточно неоднозначна. Действительно размер единичных зёрен измеряемых в шлифах составляет в основном менее 1 мм и этим в основном определяется режим дробления руды в настоящее время. Для самостоятельных микро-мелкозернистых и микрозернистых прослоев сильвинитов в горизонтах старобинского типа характерно очень высокое содержание сильвина (до 96―98 %), и при дроблении происходит переизмельчение руды ― разрушение почти мономинеральных агрегатов сильвиновых зёрен. Высокое содержание галита в добываемой руде (ее разубоживание), приводящее к формированию рядовых руд, связано со слоистым строением (переслаивание с прослоями каменной соли), а усреднение гранулометрического спектра руды происходит не только при валовом, но и при селективном варианте отработки.

Для оценки прогноза получаемых продуктов передела используется и фазовый анализ в тяжёлых жидкостях. Безусловно, этот приём усложняет и удорожает проводимые исследования, однако результаты его позволяют с большей уверенностью выяснять причины снижения извлекаемости полезного компонента. Как известно, объёмный вес минералов калийных горизонтов красноцветной ассоциации Старобинского месторождения составляет обычно для красных сильвинитов: 1,98―2,05 г/см3, для каменной соли: 2,10―2,17 г/см3, но в случае большого количества газово-жидких включений или вростков карналлита в сильвине, как это наблюдается в рудах Петриковского месторождения, объёмный вес снижается до 1,96―1,98.

Большое значение имеет агрегатный и минеральный состав галопелитов, составляющих основу нерастворимого остатка руд и формирующих в процессе передела шламы. Особенно важно знание этих показателей для сильвинитов красноцветной ассоциации

Изученные в результате микроскопического, ситового и фракционного анализа технологические свойства руд II и III горизонтов Нежинского участка совместно с технологами ОАО «Белгорхимпром» показали, что при наличии соответствующего технологического оборудования получение кондиционного концентрата возможно из руды, раздробленной до крупности ― 3,15 мм.

На основании полученных данных фракционного анализа можно утверждать, что высокая степень высвобождения чистых зёрен сильвина для руд I калийного горизонта на Нежинском участке достигается уже при дроблении исходной руды до крупности ― 5,0 мм. По всей вероятности, процесс можно вести с закрупнением питания флотации, в зависимости от режима флотации во флотомашинах. Закрупнение позволит повысить селективность флотационного процесса и снизить потери KC1 со шламовым продуктом.