

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ КАК ОСНОВА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Лыгина Т.З.

ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»

Неметаллические полезные ископаемые (НПИ) занимают исключительно важное место в народном хозяйстве, без них не может эффективно функционировать фактически ни один базовый экономический комплекс страны. Быстрый рост стройиндустрии в последнее время требует резкого расширения ассортимента и повышения качества строительных материалов. Развитие агропромышленного комплекса регионов и особенно центра России невозможно в дальнейшем без создания минерально-сырьевых баз агрохимического сырья внутри или вблизи их использования. Горно-химическое и горно-техническое производства по различным причинам обеспечивают свои потребности в минеральном сырье за счет импорта.

Несмотря на то, что, неметаллы относятся к числу наиболее распространенных полезных ископаемых и обладают исключительным разнообразием вещественного состава и столь же широким спектром физических и физико-химических свойств, традиционные технологии их добычи, переработки, оценки качества сырья на современном этапе не достаточно эффективны. Как правило, переработка нерудного сырья включает ряд достаточно простых операций: дезинтеграцию, классификацию, электромагнитное обогащение, воздействие различными химическими реагентами.

Однако существует ряд обстоятельств, заставляющих по-новому подходить к минералого-технологическому изучению НПИ:

1. Многие виды нерудного сырья (каолины, бентонит, кремнистое и ряд других) входят в группу полезных ископаемых, добыча которых лишь частично обеспечивает внутреннее потребление, что делает его во многом зависимым от импорта. Показательно, что добыча этих полезных ископаемых ведется в недостаточных объемах еще и потому, что имеющиеся в наличии значительные запасы сырья обладают относительно низким качеством. В перспективе, очевидна необходимость разработки таких низкорентабельных месторождений.

2. Неуклонно возрастает число месторождений из нераспределенного фонда недр, при этом вовлекаются в переработку новые, ранее не используемые ассоциации горных пород (т.н. нетрадиционные виды сырья). Кроме того, все большее внимание уделяется отходам горнопромышленного комплекса, т.н. техногенным отходам.

3. Появляются новые требования промышленности к качеству сырья, в том числе гармонизированные с международными, и связанные с подготовкой к вступлению в ВТО.

4. В связи с расширением сферы использования НПИ увеличивается доля инвестиций в горнодобывающем секторе. При этом инвестор заинтересован не только в получении качественного продукта на выходе, но и в минимизации затрат на утилизацию отходов, решение экологических проблем и др.

В связи с этим, оценка качества минерального сырья и практически все стадии его передела претерпевают большую модернизацию, как в плане методологии, так и в техническом исполнении. Новый концептуальный подход (т.н. стратегия) к минералого-технологической оценке НПИ обеспечивается (рис.1):

1. Высоким уровнем технологической оценки руд на разных стадиях геологоразведочных работ, состоящей в научном прогнозировании технологических свойств руд на основе их геолого-минералогических особенностей и соответствующим усовершенствованием технологических схем (*блок А*).

2. Управлением качеством передела руд: формированием технологических типов сырья с заданными свойствами и усовершенствованием процессов обогащения с помощью распознавания устойчивых минеральных ассоциаций – природных типов – и что, особенно немаловажно, по экспрессно определяемым параметрам (*блок Б*).

3. Направленным изменением технологических свойств минералов, горных пород и руд путем разработки рациональных схем извлечения полезных компонентов, их модификации и облагораживания (*блок С*).

Предложенная стратегия сопряжена с исследованием вещественного состава, структурных и текстурных особенностей сырья комплексом химических и физико-химических методов и предполагает научно-методическое опережение дорогостоящих технологических (промышленных) процессов переработки руд.

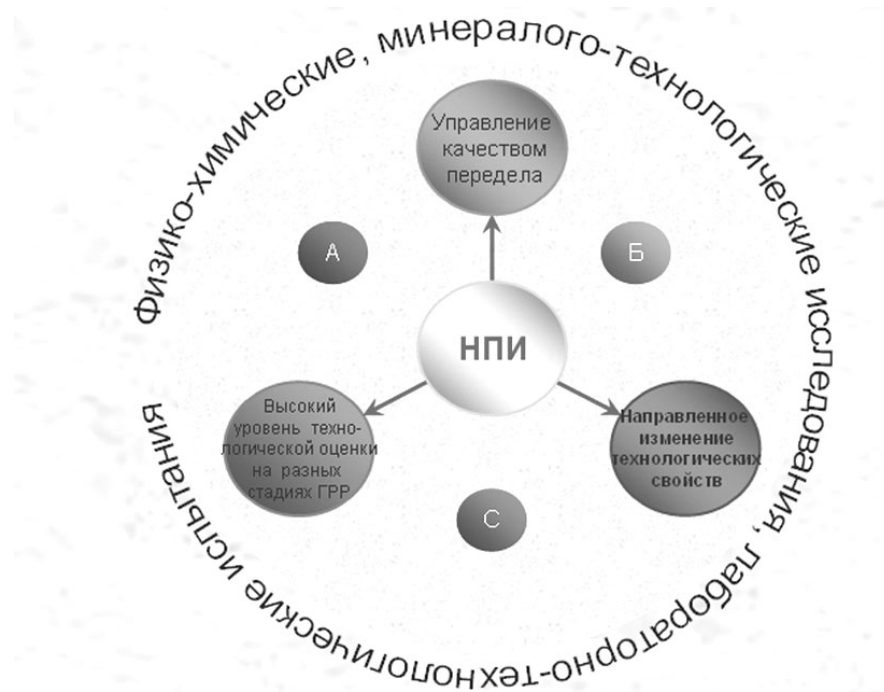


Рис. 1. Алгоритм минералого- технологической оценки НПИ

Если рассмотреть каждый из блоков, то для первого (Блок А) характерно техническое и нормативное обеспечение высокого уровня минералого-технологических исследований (рис.2). Использование соответствующих методов исследования (испытаний), подтвержденных нормативной документацией позволит осуществить научное прогнозирование технологических свойств минерального сырья, тем самым дать априорную оценку качества сырья, предложить такие схемы технологического передела, которые позволят получить продукцию с высокими технико-экономическими показателями. Немаловажная роль при этом принадлежит полевым экспресс-методам.



Рис. 2. Техническое и нормативное обеспечение минералого-технологических исследований (Блок А)

Производство экспресс анализа минерального сырья в полевых условиях независимо от вида полезного ископаемого имеет следующие положительные моменты:

1. Экспресс анализ позволяет ускорить процесс геологоразведочных работ, так как резко сокращается объем аналитических работ за счет отбора и передачи в стационарные лаборатории заведомо «пустых» проб.
2. Сокращает транспортные расходы и трудовые затраты на перевозку и обработку проб.
3. В случае проведения селективной отработки жильных месторождений с целью отбора заводской пробы или при эксплуатационных работах позволяет свести к минимуму отбор, транспортировку и переработку вмещающих пород.
4. При проведении шлихо-геохимических исследований на драгоценные металлы экспресс анализ позволяет избежать потери полезного компонента и, как следствие, способствует более корректной оценке рудных проявлений и месторождений.

В настоящее время в ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» созданы модельные установки полевых анализаторов автономного использования для таких видов сырья, как золото, серебро, платиноиды, кварц, волластонит и др.

С целью улучшения физико-механических характеристик сырья применяются различные способы переработки: механоактивация и модификация в энергонапряженном режиме, электрохимическая активация (применение активированной воды и электрокинетического обезвоживания), пульсационное, лазерное обогащение, крио-термическое воздействие и др. При этом происходят существенные изменения в структуре всех слагающих горную породу минеральных фаз (перестройка структуры, дефекты, изменения цвета и т.д.), что, несомненно, отражается на их полезных свойствах и приводит к расширению сфер использования минерального сырья (рис.3).



Рис. 3. Перспективные технологии комплексной переработки НПИ

Следующий блок **Управление качеством передела (блок Б)** сопряжен с формированием технологических типов сырья с заданными свойствами и *усовершенствованием процессов обогащения* с помощью распознавания устойчивых минеральных ассоциаций – природных типов - по экспрессно определяемым параметрам (рис.4).

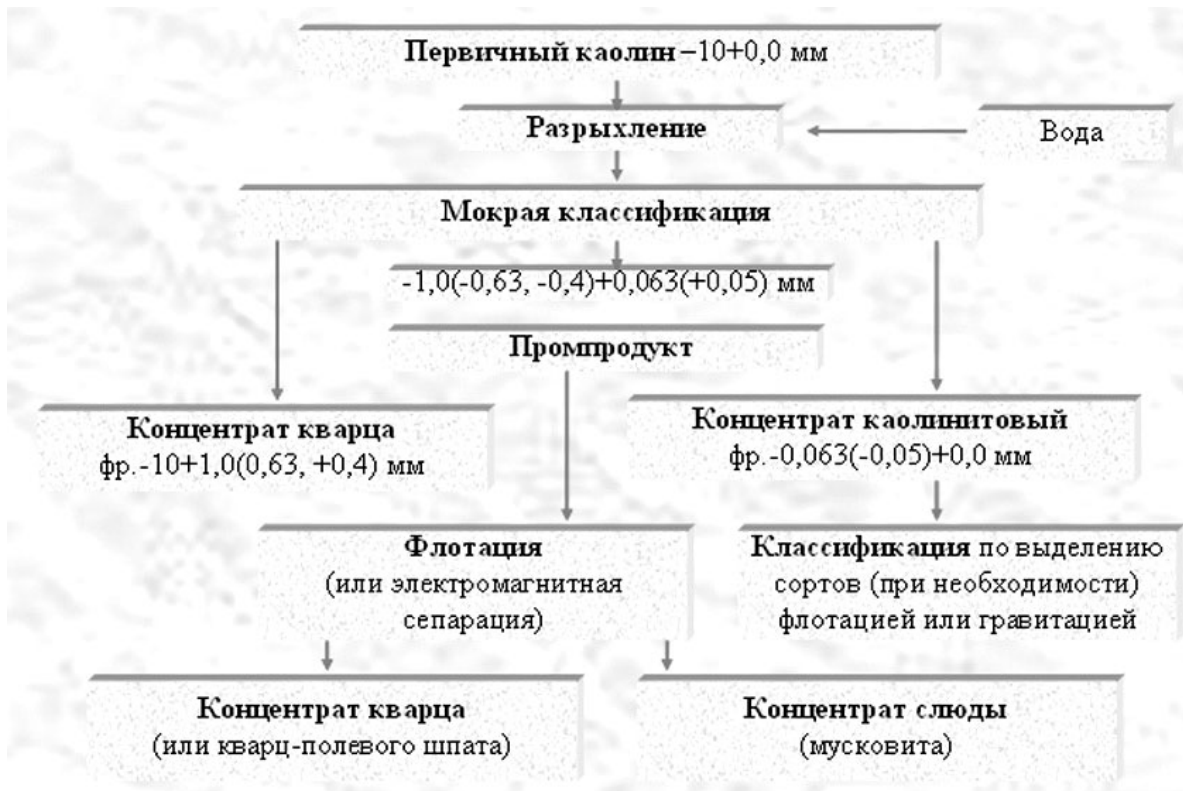


Рис. 4. Управление качеством передела (блок Б)

Так, например, каолины коры выветривания в настоящее время обогащаются лишь для получения каолинового концентрата (обогащенного каолина). Это при том, что в каолинах присутствуют и другие ценные минералы – кварц, полевой шпат, мелкочешуйчатая слюда, которые уходят в хвосты обогащения, находящие лишь незначительное применение (табл.1).

Таблица 1

Средний состав природных типов каолинов

Природный тип	Выход обогащенного продукта, %	Химический состав, %				Минеральный состав		
		Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Каолинит	П-шпат + мусковит	Кварц
Нормальное по граниту	54	20	0,24	0,69	0,64	50	4	44
Щелочные по граниту	49	18	0,20	0,60	3,93	38	24	47
Нормальные по гнейсам	74	24	0,99	1,53	0,61	70	4	25

Малоотходная переработка каолинов включает (рис.5) получение, помимо каолинового, концентратов – кварцевого, полевошпат-кварцевого, полевошпатового, и, в ряде случаев, мелкогабаритной калиевой слюды (мусковита).

Для получения указанных минеральных продуктов потребуются ввести в технологическую цепочку схемы обогащения дополнительные операции (центрифугирование – для отделения тонких неглинистых частиц, селективная флотация – для выделения слюды, полевого шпата и др.), а также обработку (рафинирование) полученных продуктов для доведения их состава и/или свойств до требуемого уровня. С этой целью частично используются высокоградиентное электромагнитное и химическое (биохимическое) обезжелезивание (отбеливание). Ориентировочно, цена товарной продукции, получаемой при комплексном обогащении одной тонны каолина-сырца может быть увеличена в 1,7–2 раза ввиду значительно более высокой стоимости полевошпатового и слюдистого концентратов по сравнению с каолиновым (200–300 ф.ст. за тонну мелкогабаритного мусковита при 50–100 ф.ст. за тонну обогащенного каолина).

Комплексное обогащение каолинов ведет также к существенному уменьшению отвалов, т.е. имеет положительные экологические последствия. Одновременно при этом увеличивается лицензионная привлекательность сырьевых объектов, поскольку предполагает увеличение экономической эффективности производства при внедрении инновационных технологий.



Рис. 5. Принципиальная схема обогащения первичных каолинов

Важным аспектом при этом является использование компьютерных программ, позволяющих осуществить экспертную оценку на основе изучения статистических закономерностей и зависимости технологических показателей сырья от вещественного состава, гранулометрических, физико-химических и иных характеристик. Информационная поддержка решения такого рода осуществляется Базами данных по результатам аналитико-технологических исследований основных видов неметаллов.

Направленное изменение технологических свойств минералов, горных пород и руд (блок С) осуществляется путем разработки рациональных схем извлечения полезных компонентов, их активации, модификации и облагораживания (рис.6). При этом происходят существенные изменения в структуре всех слагающих горную породу минеральных фаз (перестройка структуры, дефекты, изменения цвета и т.д.), что, несомненно, отражается на их полезных свойствах и приводит к расширению сфер использования.

Следует отметить, что все упомянутые блоки взаимосвязаны. Последующие примеры подтверждают этот факт.



Рис. 6. Направленное изменение технологических свойств минералов, горных пород и руд (блок С)

К перспективным технологическим приемам относятся различные варианты активации, при этом целенаправленно улучшаются текстурно-структурные характеристики (удельная поверхность, объем пор, пористость, статическая и динамическая емкость и др.). Так, для повышения технологических показателей минерального сырья, используемого в качестве адсорбентов и производства жидкого стекла (цеолиты, цеолитосодержащие кремнистые породы, опал-кристобалитовые породы, бентонитовые глины), наряду с химическим методом применяется термический метод активации. Термическая активация приводит к повышению адсорбционной способности цеолитов, опок и цеолитосодержащих кремнистых пород на 10–20%, что позволяет использовать их, например, для получения активированных адсорбентов различного назначения (доочистка питьевых вод в бытовых и промышленных фильтрах и очистка сточных вод, очистка газов ТЭЦ, осушка нефтяных газов и воздуха, сероочистка газов и жидкого углеводородного сырья, очистка пищевых и нефтяных масел и др.). Активированные формы данных видов адсорбентов могут конкурировать с искусственными отечественными и импортными цеолитами, обеспечивающими глубину осушки до -70°C . Кроме того, отработанные активированные сорбенты можно использовать как основу для получения растворимого жидкого стекла и органоминеральных удобрений пролонгированного действия.

Применительно к фосфатному сырью в лабораторных условиях разработка новых технологий селективного мягкого кислотного выщелачивания позволяет из сырья в 5,5 раз более бедного по содержанию P_2O_5 , чем, например, фосфориты Каратауского месторождения, получить нитроаммофос, двойной и обогащенный суперфосфаты. На практике это означает, что по параметру $\text{R}_2\text{O}_5 / \text{P}_2\text{O}_5$ могут быть снижены требования к качеству исходного сырья. Однако сочетание прогрессивных способов скважинной гидродобычи с выщелачиванием в непосредственной близости от месторождения минимизирует капитальные и транспортные издержки, а использование механоактивации мытого концентрата существенно повышает агрохимическую эффективность труднообогатимых желваковых фосфоритов (содержание лимоннорастворимых форм P_2O_5 увеличивается в 2–2,5 раза) с сохранением полезных макро- и микроэлементов. Из хвостов выщелачивания извлекаются попутные ценные примеси (кварц-полевошпатовые, титановые, циркониевые концентраты и др.)

Одной из важных проблем при модификации особо чистого кварцевого сырья является очистка от газозо-жидких включений (ГЖВ). На большинстве обогатительных предприятий такая очистка производится путем переработки исходного сырья при аномальных Р-Т- условиях. При этом температуры превышают 1200°C и давление достигает 10–12 атм. Наиболее выгодным с экономической точки зрения является способ крио-термической очистки кварца от ГЖВ, не требующий специальных суперинертных материалов и аномальных Р-Т- условий; градиент температур не превышает в этом случае 200–250 $^{\circ}\text{C}$.

Что касается минерального сырья для строительной индустрии, то в данном случае несоответствие между спросом и предложением материалов в строительстве обусловлены, главным образом, низким качеством используемого минерального сырья, недостаточным техническим оснащением предприятий и применением старых технологий, не позволяющих получить кондиционную продукцию (рис. 7).

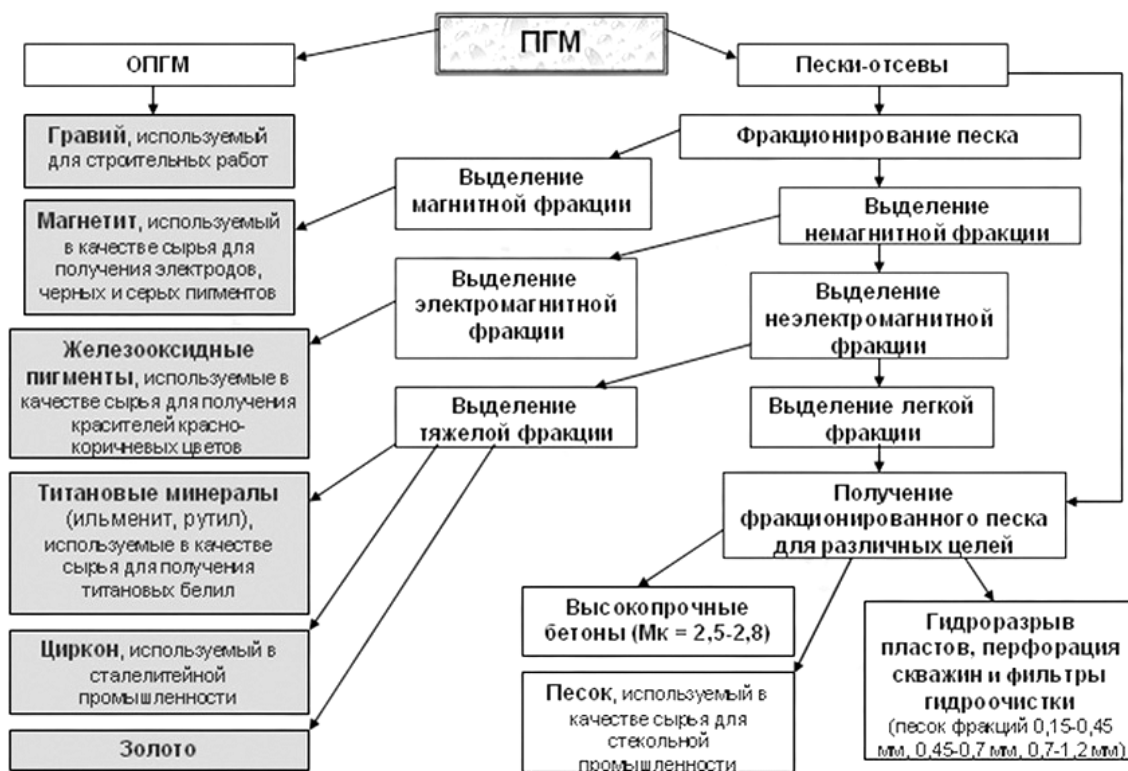


Рис. 7. Технологическая схема комплексной переработки песчано-гравийных материалов

При этом ориентация предприятий отрасли на передовые современные технологии, повышающие качество продукции и расширяющие ее ассортимент, более экономически выгодна и привлекательна, чем переоснащение и модернизация предприятий. Новизна разработанных технологий заключается в применении новых, нетрадиционных способов переработки основного компонента (глинистого сырья) и подборе параметров технологического процесса получения готовой продукции (состав шихты, грансостав пресспорошка, режим обжига и т.п.).

Новые технологии также используются для переработки техногенного сырья. Основными видами техногенного минерального сырья являются вскрышные и вмещающие породы, извлекаемые при отработке любых видов твердых полезных ископаемых (в основном открытым способом), золошлаковые отходы тепловых электростанций (ТЭС), работающих на угле и торфе, отходы обогащения рудных и нерудных ископаемых, углей, а также металлургические и электротермофосфорные шлаки. Годовой выход техногенного минерального сырья составляет порядка 500 млн. тонн, а его объем, складированный в отвалах, порядка 10 млрд т. В настоящее время использование техногенного минерального сырья не превышает 2–3% его годового выхода, утилизация отвального сырья также незначительна. Говорить о повышении глубины переработки техногенного минерального сырья можно лишь в контексте углубления переработки рудных и нерудных полезных ископаемых, т.е. скорее в плане их комплексного использования (рис.8).

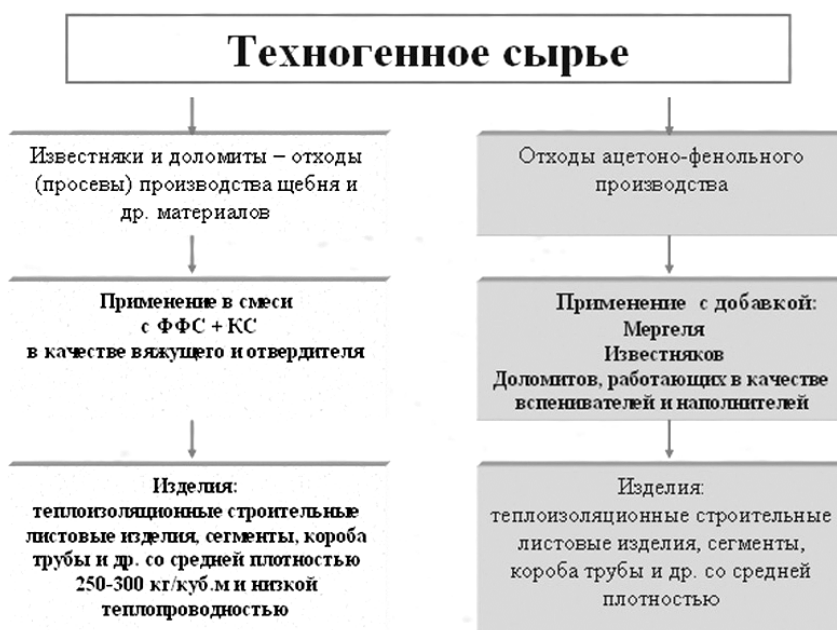


Рис. 8. Примеры переработки техногенного сырья

Проблема повышения комплексности использования минерального сырья не нова, ее решение зависит от множества объективных и субъективных факторов, но в принципе невозможна без применения эффективных мер экономического воздействия на недропользователей, в первую очередь, это стимуляция высокими налоговыми и другими льготами комплексного использования ресурсов недр, включая использование вскрышных, вмещающих пород и отходов обогащения основного полезного ископаемого серьезные штрафные санкции, компенсирующие ущерб, наносимый государству недропользователем, нерационально использующим ресурсы недр.

Таким образом, новая методология комплексной оценки неметаллических полезных ископаемых, заключающаяся в рациональном комплексировании минералого-аналитических исследований и перспективных технологий их переработки, повышает качество ГРП, позволяет fuller использовать богатства недр и увеличивает их инвестиционную привлекательность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы Первой Всероссийской конференции по промышленным минералам. М.: ИГЕМ РАН, 2004. 206 с.
2. Значение промышленных минералов в мировой экономике: месторождения, технология, экономическая оценка // Материалы Первой международной конференции. М.: изд. ГЕОС, 2006. 140 с.
3. Технологическая оценка минерального сырья. Нерудное сырье. Справочник / Под ред. П.Е.Остапенко. М.: Недра, 1995. 507 с.