

УДК 622.765:622.634

А. И. КАЛУГИН (АО «Апатит»)

Б. В. ЛЕВИН (ОАО «НИУИФ»)

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИБИНСКОГО АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВОГО СЫРЬЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ



А. И. КАЛУГИН,
технический директор —
главный инженер,
канд. техн. наук



Б. В. ЛЕВИН,
генеральный директор,
канд. техн. наук

Апатитовый концентрат (АК) по своему составу является комплексным минеральным сырьем, из которого в зависимости от применяемого кислотного способа могут быть экономически целесообразно извлечены попутные компоненты — фтор, редкоземельные элементы (РЗЭ), стронций. Для соединений стронция и РЗЭ наиболее эффективна азотнокислотная технология переработки; для извлечения соединений фтора — серноокислотная. Все предприятия компании «ФосАгро» применяют серноокислотный способ вскрытия АК, поэтому далее рассматриваются специальные вопросы технологии извлечения и переработки соединений фтора при серноокислотном способе.

Хибинский АК содержит около 1 % суммы оксидов РЗЭ, доминирующую часть которых составляют элементы легкой группы (лантан, церий, празеодим, неодим). Экономическая целесообразность извлечения РЗЭ из продуктов кислотной переработки АК определяется применяемым способом его вскрытия, технологией извлечения концентратов РЗЭ и соотношением количества концентратов легкой и среднетяжелой групп. При низкой стоимости РЗЭ легкой группы, характерной до 2011 г., извлечение РЗЭ из продуктов серноокислотной переработки АК являлось экономически нецелесообразным даже при условии максимально достижимого извлечения РЗЭ. К концу 2013 г. стоимость чистых оксидов La и Ce также практически вернулась к уровню предыдущего периода (5–7 долл. США за 1 кг). Поэтому вопрос технико-экономической целесообразности извлечения РЗЭ из продуктов кислотной переработки АК по-прежнему является актуальным и с учетом прогноза постепенного восстановления производства кон-

Данная работа освещает основные направления деятельности компании «ФосАгро» по комплексному использованию хибинского минерального сырья с учетом баланса спроса и предложения на минеральную продукцию, продукты переработки апатитового концентрата.

Ключевые слова: апатит-нефелиновый концентрат, редкоземельные элементы, диоксид титана, сфен, титановый дубитель, минеральная вата, нефелин.

центратов РЗЭ легкой группы — неоднозначным. В России концентраты РЗЭ легкой группы в промышленных масштабах производит Соликамский магниевый завод при небольшом объеме потребления на российском рынке. Появление дополнительных объемов РЗЭ легкой группы еще более увеличит избыток относительно текущего и прогнозного внутреннего потребления. Усиливают инвестиционный барьер организации промышленного производства концентратов РЗЭ из АК и отсутствие проверенных технологий их извлечения, влияние возвратных потоков от производства РЗЭ большой мощности (более 100 т/год по сумме оксидов) на основную технологию получения минеральных удобрений при их интеграции, значительные удельные капитальные вложения в строительство установки. Поэтому вопрос извлечения РЗЭ из АК является комплексным и требует взвешенного подхода в технологическом, производственном, экономическом, инвестиционном и рыночном отношении.

В представленной работе рассмотрено состояние и тенденции развития производства и ассортимента первичных концентратов и индивидуальных РЗЭ, баланс производства и потребления, технологии выделения РЗЭ из специализированного и многокомпонентного сырья, отражены прикладные разработки по извлечению РЗЭ из продуктов кислотной переработки АК. Комплексное рассмотрение состояния производства и новых проектов в области редкоземельных элементов поможет определить роль и место АК как промышленного сырья для извлечения РЗЭ. Необходимо также учитывать проекты, реализуемые российскими компаниями в области добычи, получения первичных концентратов и их разде-

ления на чистые индивидуальные РЗЭ, в том числе в рамках государственной подпрограммы «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов» (срок реализации второго этапа 31.12.2020 г.).

Вопрос переработки фосфатного сырья с целью получения фторпродуктов подробно рассмотрен в научных трудах ОАО «НИИИФ» им. проф. Я. В. Самойлова». В данной статье подробно остановимся на втором направлении переработки.

Направление переработки фосфатного сырья: получение соединений титана

АО «Апатит» совместно с КНЦ РАН продолжает работу по созданию основ технологии получения пигментного диоксида титана (титановых белил), сорбентов различного назначения, химически очищенного сфенового концентрата, титанового дубителя, мине-

ральной ваты и химически стойких покрытий из эгиринового концентрата.

Развивается и направление производства коагулянтов-флокулянтов сернокислотной обработкой нефелинового концентрата.

Отработана аппаратурно-технологическая схема получения химически очищенного эгиринового и сфенового концентратов, которые являются необходимой сырьевой базой для производства высокотехнологичных продуктов (рис. 1). В частности, химически очищенный сфеновый концентрат используется для получения эффективного и экологически безопасного дубителя кож.

Разработанная сотрудниками Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья (ИХТРЭМС) технология позволяет получать моногидрат аммония титанилсульфата, соответствующий требованиям кожевенной промышленности. Его характеристика приведена ниже.

Внешний вид	Порошок белого цвета
Содержание, %	
TiO ₂	20–21
Fe ₂ O ₃	≤0,03
Основность, %	45–46

Лабораторные исследования свойств титановой соли (NH₄)₂TiO(SO₄)₂·H₂O, проведенные в ФГУП «ЦНИИКП», показали перспективность ее использования в кожевенном производстве. Разработана методика дубления с получением кожи, которая обладает свойствами, удовлетворяющими требованиям технических условий (ТУ 17-06-123-76. Кожа эластичная для верха обуви).

Установлено, что титановое дубление имеет все шансы быть внедренным на кожевенных предприятиях, поскольку:

- позволяет получить кожу, по свойствам близкую к коже хромового дубления, и вырабатывать осветленный плотный полуфабрикат;
- уменьшает содержание вредных примесей в отходах производства.

Полученные результаты дали возможность развернуть более масштабные работы совместно с ФГУП «ЦНИИКП» по уточнению состава дубителя и внедрению его на предприятиях кожевенной промышленности.

Производимая на предприятиях минеральных удобрений экстракционная фосфорная кислота может быть использована для получения титанофосфатного сорбента. Физико-химические основы процесса разработаны специалистами ИХТРЭМС КНЦ РАН. Для промышленного использования необходима доработка схемы с учетом сложного многокомпонентного состава экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), а также направления использования разбавленных растворов (фильтратов) после промывок осадков. Схема получения титанофосфатного сорбента с использованием чистой ортофосфорной кислоты приведена на рис. 2.

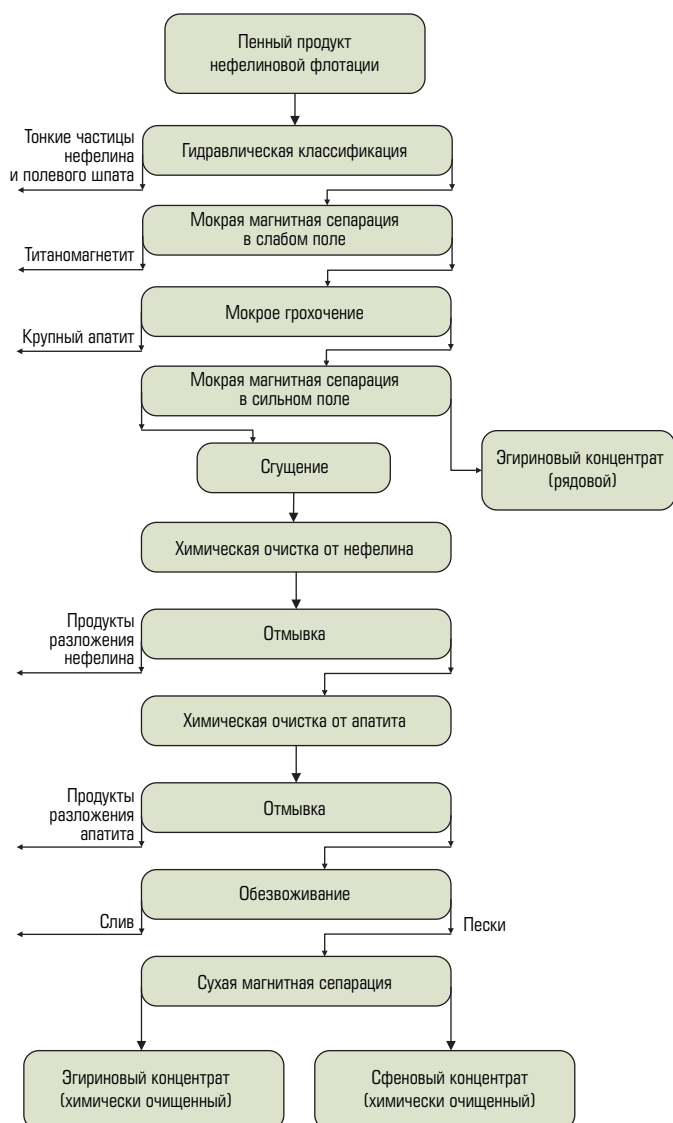


Рис. 1. Схема гидromеталлургической переработки пенного продукта нефелиновой флотации с получением сфенового и эгиринового концентратов

Фосфаты титана аморфной и кристаллической структуры, а также новый композиционный продукт (кремнийсодержащий титанофосфат), разработанный в ИХТРЭМС, используются для очистки жидких радиоактивных отходов от радиоцезия и других радионуклидов, а также цветных тяжелых металлов при различных значениях pH и солевых составах. Основой для оптимизации условий синтеза титанофосфатного ионообменника послужили результаты физико-химических исследований в системе $TiO_2-(SiO_2)-H_2SO_4-H_3PO_4-H_2O$. Осаждение твердой фазы из раствора заданного состава (концентрация 0,1–1,5 моль/л по TiO_2 ; 0,15–6 моль/л H_2SO_4) осуществляли путем введения 60%-ной ортофосфорной кислоты, количество которой соответствовало мольному соотношению $TiO_2:P_2O_5 = 1:1$. Установлено, что степень осаждения титана (IV) в виде титанилфосфатной фазы практически не зависит как от исходной концентрации его в растворе, так и от концентрации серной кислоты. Остаточное содержание титана (IV) в жидкой фазе не превышает 10^{-3} моль/л по TiO_2 . Формирующийся в процессе кристаллизации осадок после промывки и подсушивания при 60 °С представляет собой белый порошок, наноразмерные частицы которого объединены в агрегаты мезопористой структуры (по классификации Дубинина), о чем свидетельствует высокий показатель их удельной поверхности 50–80 м²/г. Методом рентгенофазового и термографического анализа порошков получены данные, которые позволили констатировать следующее. В концентрационной области, ограниченной $C_{TiO_2} = 0,3-1$ моль/л и $C_{H_2SO_4} = 2,5-4,5$ моль/л, при введении в раствор осадителя формируется твердая фаза, из которой получается порошок с мольным соотношением $TiO_2:P_2O_5 = 1:0,5$, что отвечает стехиометрической формуле гидрофосфата оксититана $TiO(HPO_4)_x$ ($x = 1$). Продукты, в которых соотношение компонентов $TiO_2:P_2O_5 = 1:(0,42\pm 0,45)$ ($x < 1$), образуются из растворов, характеризующихся низкой концентрацией H_2SO_4 . Часть функциональных гидрофосфатных групп в них замещена на ионы гидроксила. При высокой концентрации H_2SO_4 независимо от концентрации TiO_2 формируются осадки с соотношением $TiO_2:P_2O_5 = 1:(0,52\pm 0,55)$ ($x > 1$), что, по-видимому, обусловлено присутствием в них небольшого количества кислых дигидрофосфатных групп, связанных с ионом оксититана. В состав гидрофосфата оксититана входит вода в свободном и связанном состоянии, поэтому выделенные твердые фазы отвечают формуле $TiO(HPO_4)_x \cdot nH_2O$, где n изменяется от 1,8 до 2,8.

Определены сорбционные свойства порошков (СОЕ — статическая обменная емкость по катиону Na^+). При низких значениях $C_{H_2SO_4}$ и C_{TiO_2} получаются продукты, СОЕ которых не превышает 2,5 мг-экв/г. С повышением содержания названных компонентов в исходном растворе емкость постепенно увеличивается и достигает своего максимального значения 3,8 мг-экв/г при $C_{TiO_2} 0,9-1,4$ моль/л и $C_{H_2SO_4} 4,3-5,6$ моль/л.

Показано, что при получении композиционного сорбента наиболее оптимальными являются следующие условия:

- содержание TiO_2 85–90 г/л, H_2SO_4 — 420–430;
- расход кремнийсодержащего компонента — жидкого стекла, содержащего 20,3 % SiO_2 (в молях по отношению к Ti (IV) — $TiO_2:SiO_2 = 1:0,2$), вводится в начале синтеза;

- нагревание смеси до 70–80 °С с последующей постепенной добавкой 60%-ной фосфорной кислоты из расчета мольного соотношения $TiO_2:P_2O_5 = 1:1$;

- общая продолжительность синтеза и вызревания осадка (титанофосфатного прекурсора) 20–24 ч.

Последовательность и условия проведения стадий промывки, гранулирования и термообработки титанофосфатного продукта (ТФП) играют решающую роль в процессе формирования структуры частиц сорбента, поэтому лимитируют их сорбционную активность. Разработана методика промывки ТФП 5–10%-ным раствором фосфорной кислоты, что способствует удалению из него примесных элементов и стабилизирует структуру, предотвращая его гидролиз. На втором этапе промывка ТФП осуществляется водой. Расход воды соответствует количеству, необходимому для удаления из осадка избыточной кислоты ($pH = 2\pm 2,5$). Третий этап — промывка раствором щелочи (10–20 г/л по $NaOH$), что обеспечивает переход сорбента в солевую форму, которая более активна по отношению к двухвалентным катионам

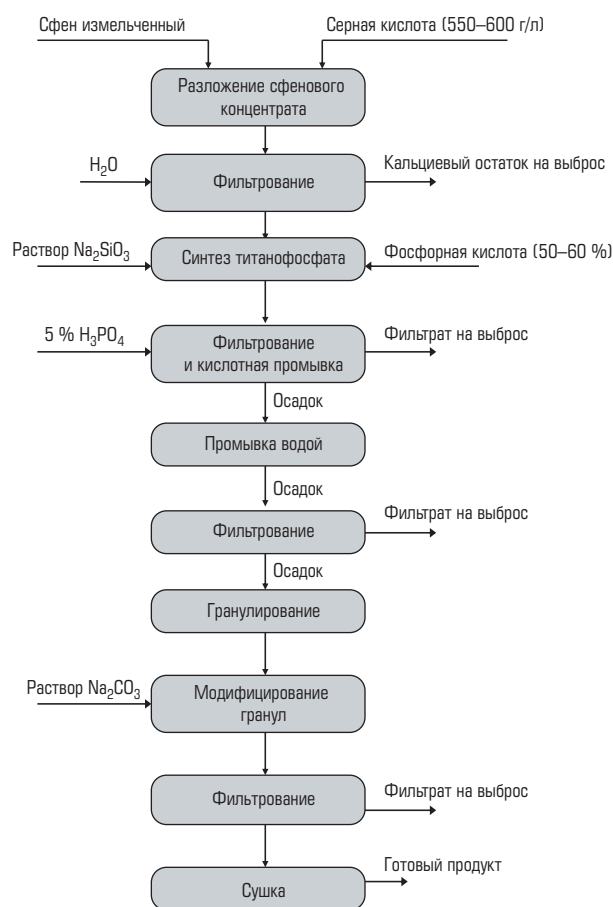


Рис. 2. Схема получения сорбента, реализованная на опытно-промышленной установке «Пигмент»

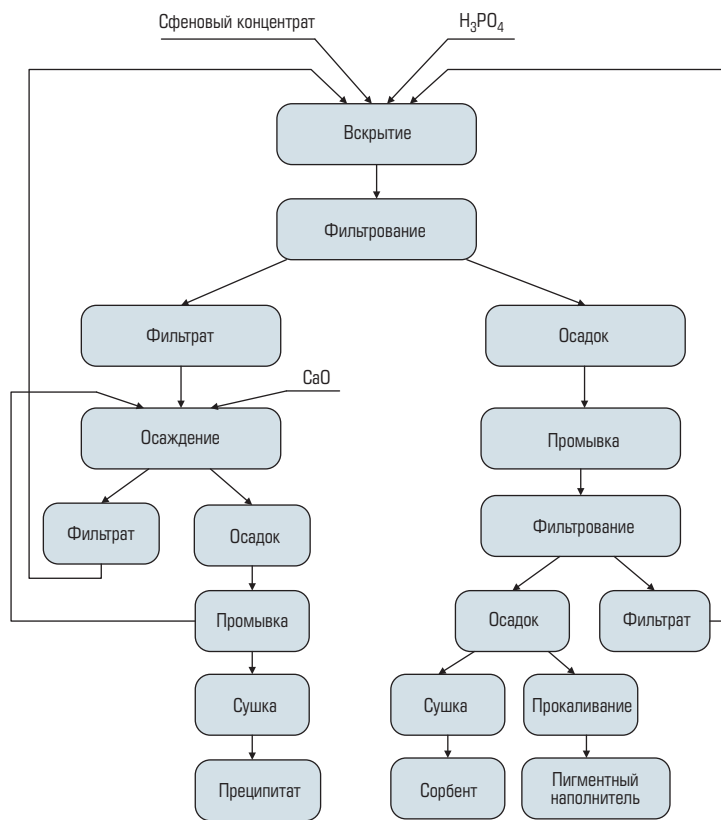


Рис. 3. Технологическая схема переработки сфена по фосфорнокислотной схеме

(Sr, Co, Ni). Катион Cs сорбируется как на водородном (кислом), так и солевом сорбенте.

Реализация разработанной технологии в опытно-промышленных условиях по схеме, представленной на **рис. 3**, показала, что:

- операции измельчения и сернокислотного разложения сфенового концентрата с получением производного раствора и выделением из него ТФП на промышленном оборудовании производятся без осложнений;
- скорость фильтрования на нутч-фильтрах суспензии после синтеза ТФП и промывки осадка раствором фосфорной кислоты является удовлетворительной;
- скорость промывки осадка ТФП водой на фильтре значительно снижается, что удлиняет продолжительность контакта компонентов и вызывает гидролиз осадка (значение pH фильтрата не превышало 1);
- использование «кислого» осадка приводило к коррозии внутренних деталей гранулятора и загрязнению ТФП;
- отмывка осадка щелочным раствором от избыточного количества кислоты осуществлялась после подсушивания его при температуре 70–80 °С;
- длительный контакт осадка с водой и двухстадийная сушка способствовали образованию сорбента в виде очень прочных гранул с небольшой площадью контакта.

Одним из наиболее перспективных продуктов переработки сфенового концентрата является титанофосфатосиликатный сорбент (ТФС), который используется для очистки жидких радиоактивных отходов от радиоактивного изотопа цезия и других радионуклидов, а также сточных вод, характеризующихся различными значениями pH и солевым составом, от тяжелых цветных металлов.

Специалистами КНЦ РАН проведено детальное физико-химическое изучение процессов кислотного разложения сфенового концентрата. По мнению сотрудников ИХТРЭМС КНЦ РАН, фосфорнокислотный способ переработки сфенового концентрата имеет хорошие перспективы в решении проблемы получения дефицитных продуктов и, в частности, сорбентов и светостойких наполнительных материалов для пластмасс, бумаги, резины и красок.

В качестве объекта исследования использовали измельченный очищенный по известному способу сфеновый концентрат крупностью –63 мкм, содержащий, %: 34,7 TiO₂; 25,4 CaO; 25,4 SiO₂, и фосфорную кислоту марки ХЧ. Концентрацию фосфорной кислоты при разложении концентрата изменяли от 40 до 80 %, процесс протекал в течение 12 ч при температуре кипения, массовое соотношение Т:Ж в исходной смеси составляло 1:(4÷8).

По окончании процесса разложения реакционную массу охлаждали и фильтрованием отделяли полученный осадок, промывали его водой до pH = 2÷3,5 и подвергали термообработке при 60 °С в случае получения сорбента и при 550 °С при получении пигментного наполнителя.

При разложении сфена 80–70%-ной H₃PO₄ кальций концентрируется в жидкой фазе и, достигнув предела насыщения, выпадает в осадок в виде кислой соли Ca(H₂PO₄)₂·H₂O. Снижение концентрации H₃PO₄ ведет к уменьшению доли Ca(H₂PO₄)₂·H₂O в осадке, соответственно его количество в жидкой фазе увеличивается. При разложении сфена 40%-ной H₃PO₄ весь кальций остается в жидкой фазе до окончания процесса.

Количество фосфорной кислоты во всех опытах превышало стехиометрически необходимый ее расход на связывание кальция и титана. Несмотря на это, степень разложения сфена оказалась выше в том случае, когда концентрация фосфорной кислоты выше.

Что касается поведения кремния, то можно с определенной уверенностью сказать, что это наименее активный структурообразующий катион сфена. Выщелачивание кремния в жидкую фазу было отмечено только при использовании 80%-ной фосфорной кислоты. Образование кремнийсодержащей фазы SiO₂·nH₂O (данные рентгенофазового анализа) происходит по мере разрушения кристаллической решетки сфена. Отмечено, что с уменьшением концентрации фосфорной кислоты степень гидратации кремнийсодержащего осадка увеличивается. Состав осадков после их промывки водой приведен в **таблице**.

Изучение свойств конечных осадков показало, что они могут быть использованы как титанофосфатный сорбент и как белый пигментный наполнитель. Эффективная сорбция ионов щелочных и щелочноземельных элементов характерна для композиций,

полученных с использованием 60–70%-ной H_3PO_4 . Более жесткие условия разложения сфенового концентрата способствуют формированию компактных осадков с низкой поверхностной активностью, что снижает их сорбционные способности. Композиции, полученные с использованием разбавленной фосфорной кислоты, содержат до 20 % неразложившегося минерала, что требует увеличения расхода сорбента при его использовании.

При получении пигментного наполнителя прокаленный материал измельчали в вибрационной мельнице и определяли его пигментные характеристики. Лучшими пигментными свойствами обладают образцы, полученные в условиях разложения сфенового концентрата 70–80%-ной H_3PO_4 .

Проведены исследования по утилизации фосфорнокислотных фильтратов, полученных после разложения концентрата и после промывки осадков водой, с выделением из смеси кальцийфосфатного соединения в форме преципитата — минерального удобрения с высоким содержанием фосфора. С этой целью смесь, содержащую 625–650 г/л по P_2O_5 нейтрализовали 10%-ным по CaO известковым молоком при расходе последнего из расчета $CaO:P_2O_5 = 0,79$. Процесс вели при порционном введении известкового компонента с интенсивным перемешиванием суспензии во избежание образования трикальцийфосфата $Ca_3(PO_4)_2$. Длительность процесса осаждения — 1,5 ч, после чего образующийся осадок отделяли фильтрованием и промывали водой. Рентгенограмма полученного продукта свидетельствует, что в выбранных условиях кальций формируется именно в форме преципитата $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$. Осаждение преципитата из смесей с низким содержанием фосфат-иона целесообразно проводить сухой известью при том же расходе CaO .

В результате получается одностороннее фосфорное удобрение. Необходима доработка условий получения товарной формы удобрения (в виде гранул) для внесения в почву с применением традиционной агротехники.

Определены оптимальные условия разложения сфенового концентрата фосфорной кислотой, а также параметры утилизации фосфорнокислотных жидких стоков (см. рис. 3). Разработанная технологическая схема обеспечивает полное использование компонентов сфена в составе конечных продуктов.

Промышленная реализация процесса возможна на действующих производствах минеральных удобрений, имеющих необходимое сырье (экстракционную фосфорную кислоту) и материалы (негашеную известь). Организация производства не будет требовать создания специальных объектов инфраструктуры и гармонично вписывается в существующую инфраструктуру комплекса производства минеральных удобрений.

На основании разработанного в ИХТРЭМС регламента в Центральной лаборатории АО «Апатит» создана опытная установка и наработаны опытно-промышленные партии сорбентов. Они в виде порошка и гранул были использованы для очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) (фирма «Экоатом») от изотопа стронция Sr-90. В радиационной лаборатории СПбГУ гранулированный сорбент использовали для очистки высокосолевых ЖРО Ленинградской АЭС. В лаборатории защиты окружающей среды Коль-

Состав осадков, полученных при разложении сфенового концентрата

Концентрация H_3PO_4 , %	Содержание в осадке, % (мас.)		
	TiO_2	P_2O_5	CaO
80	21,04	38,48	1,04
70	23,76	36,77	2,0
60	24,6	34,27	3,67
50	27,3	32,31	5,05
40	27,7	31,95	5,13

ской АЭС сорбент прошел испытания при очистке малоактивных стоков, содержащих изотопы Cs-137 и Co-60.

ФГУП «Атомфлот» провел успешные испытания опытной партии сорбента, обладающего стационарной обменной емкостью по стронцию 1,05–1,1, по цезию 1,3–1,4 мг-экв/г. Ниже приведена характеристика данной партии неорганического титанофосфатного сорбента.

Внешний вид Гранулы светло-серого цвета
Размер гранул, мм 0,5–3
Насыпная плотность, г/см³. 0,6–0,85
Величина pH фильтрата при 20 °С. 5–6,5
Полная обменная емкость по иону Na, мг-экв/г. ≥2,5

В результате исследований специалистов ГИГХС и АО «Апатит» по выбору эффективных флотореагентов в условиях водооборота на обеих фабриках был исключен дорогостоящий и биопасный реагент ОП-4. На АНОФ-3 в составе собирательной смеси используется алкилбензолсульфофосфорной кислоты (АБСК), биоразлагаемость которой в 2,5 раза больше, чем ОП-4. На АНОФ-2 в качестве регулятора устойчивости пены вместо ОП-4 используется неонол АФ 9-10 характеризующийся высокой биоразлагаемостью (более 97 %).

Совершенствование технологии производства апатитовых и нефелиновых концентратов и развитие комплексного обогащения апатит-нефелиновых руд остаются первоочередными задачами, среди которых:

- разработка и внедрение новых реагентных режимов; перспективным путем является использование собирателей различных классов, а также разработка и синтез новых реагентов;
- устранение чрезмерного пенообразования в условиях оборотного водоснабжения путем создания реагентов-пеногасителей, не оказывающих отрицательного влияния на флотацию, и поиск более эффективных регуляторов устойчивости пены;
- поиск реагентов и разработка реагентных режимов, позволяющих исключить использование экологически небезопасных компонентов собирательной смеси и регуляторов флотации;
- разработка реагентных режимов, дающих возможность проводить флотацию при низких температурах (8–10 °С);
- повышение товарного извлечения за счет уменьшения потерь апатита со сливами сгустителей;

- разработка технологии разделения нефелина и полевого шпата с целью повышения качества нефелинового концентрата в условиях постоянного роста содержания в руде полевого шпата и пироксенов;

- создание новых комбинированных технологий с целью повышения степени комплексного использования исходного сырья и продуктов его переработки;

- внедрение нового технологического оборудования, позволяющего повысить как технологические, экологические, так и экономические показатели работы во всех переделах обогащения.

АО «Апатит» реализовало комплекс природоохранных мероприятий, направленных на снижение сбросов загрязняющих веществ, очистку воздуха после сушки апатитового концентрата, внедрение технологии доочистки сточных вод от взвешенных веществ с помощью реагента ВПК-402. Это позволило снизить удельный сброс взвешенных веществ на 1 т апатитового концентрата более чем в 3 раза (по сравнению с 1990 г.). Совершенствование аппаратного оформления и технологического режима флотационного обогащения апатит-нефелиновых руд дает

возможность сократить забор свежей воды из озер Имандра и Большой Вудъявр и подземных источников, уменьшить сброс сточных вод.

Совместно с ОАО «НИУИФ» проведен комплекс работ по обновлению аппаратного оформления технологии санитарной очистки воздуха на обогатительных фабриках, что значительно снизило выбросы пыли.

Таким образом, степень комплексного использования хибинского минерального сырья повышается за счет более полного извлечения в товарные минеральные концентраты на стадии обогащения апатит-нефелиновых руд и получения кондиционных продуктов комплексной сернокислотной переработки апатитового концентрата, которые реализуются за счет единой инвестиционно-технической политики в компании «ФосАгро». **ЕЖ**

Калугин Александр Иванович,

e-mail: AKalugin@phosagro.ru

Левин Борис Владимирович,

e-mail: info@niuif.ru

“GORNYY ZHURNAL”/“MINING JOURNAL”, 2014, № 10, pp. 63–68	
Title	Preferred directions and implementation of comprehensive utilization of the Khibiny apatite–nepheline ore
Author 1	Name & Surname: Kalugin A. I.
	Company: Apatit JSC (Kirovsk, Russia)
	Work Position: Technical Director—Chief Engineer
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
	Contacts: e-mail: AKalugin@phosagro.ru
Author 2	Name & Surname: Levin B. V.
	Company: Research Institute for Fertilizers and Insectofungicides (NIUIF) (Moscow, Russia)
	Work Position: General Director
	Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences
Abstract	<p>Apatite concentrate (AC) is a compound mineral material that can yield such by-products as fluorine, rare earth elements (REE) and strontium under certain acid treatment. For strontium and REE, the most efficient treatment is possible with nitric acid; for fluorine recovery, sulfuric acid treatment is the best. All plants within PhosAgro use the sulfuric acid treatment method for AC dissociation. In this context, the article focuses on particular issues of the sulfuric acid treatment technology for fluorine recovery and processing.</p> <p>The Khibiny AC contains close to 1% of total REE oxides, where light elements (lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium) prevail. The economic efficiency of REE recovery from the AC acid conversion product depends on the dissociation method, REE recovery technology and the light/medium-weight elements ratio. Until 2011, REE extraction from the conversion product of the AC acid treatment was unprofitable, even at maximized REE recovery, due to the low price of the light-group REE. So, the integrated and sound approach to REE recovery from AC should be elaborated from the standpoints of the technology, industry, economy, investment and market.</p> <p>This article considers the state-of-the-art and trends of advance in production and expansion of the range of prime concentrates and individual REE, production and consumption balance, technologies of REE recovery from special and multicomponent materials; besides, the applications of the technology of REE recovery from AC after acid treatment are presented. The all-embracing analysis of the current production situation and new projects in the sphere of rare earth elements will define the implication of AC as a feedstock for REE recovery.</p> <p>Apatite JSC and the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences continue the teamwork on creating the technological basis for the production of titanium dioxide pigment (titanium white), various purpose sorbents, chemically pure sphene concentrate, titanium hardener, mineral wool and chemically stable coatings made of aegirine concentrates.</p> <p>Production of coagulation and flocculation agents from nepheline concentrate after nitric acid treatment is under development.</p>
Keywords	Apatite–nepheline ore, concentrate, rare earth elements, titanium dioxide, titanium hardener, mineral wool, nepheline.